

**DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA FLORA DA REGIÃO DO
MÉDIO-BAIXO RIO XINGU**

**CONVÊNIO: MPEG / CAMARGO CORRÊA / ODEBRECHT /
ANDRADE GUTIERREZ / ELETROBRAS / FIDESA**

DIRETORA MPEG: Ima Célia Guimarães Vieira

COORDENAÇÃO GERAL: Leandro Valle Ferreira

RELATÓRIO FINAL

**GRAU DE FRAGMENTAÇÃO E ISOLAMENTO DE
REMANESCENTES FLORESTAIS NA ÁREA DE
INFLUÊNCIA DIRETA DO APROVEITAMENTO
ENERGÉTICO DE BELO MONTE NA REGIÃO DE
ALTAMIRA, PARÁ, BRASIL.**

EQUIPE:

**Leandro Valle Ferreira, D.Sc. – Pesquisador MPEG
Jorge Luis Gavina Pereira – Pesquisador MPEG
Marcelo Cordeiro Thales – Pesquisador MPEG
Arlete Soares de Almeida – Pesquisador MPEG
Camila da Silva Furtado – Bolsista do Projeto**

**BELÉM, PARÁ
JULHO DE 2008**

CONTEXTUALIZAÇÃO

A fragmentação das florestas tropicais tem sido apontada como uma das maiores preocupações na biologia da conservação e muitos estudos têm mostrado que o processo de redução das áreas naturais devido aos desmatamentos tem conseqüências diretas na manutenção da biodiversidade (TURNER, 1996; HERMANN; RODRIGUES; LIMA, 2005).

A fragmentação ocorre quando um ecossistema natural complexo e heterogêneo é convertido em outro simples e homogêneo, normalmente associado a atividades humanas (LAURANCE, 2008).

O processo de fragmentação florestal resulta em uma variedade de efeitos físicos e biológicos (KAPOS, 1989; WILLIAMS-LINERA, 1990; LAURANCE, 2000). Dentre os principais podemos citar: o declínio da diversidade de espécies e modificação dos processos ecológicos (KLEIN, 1989), mudanças na composição natural das comunidades de plantas e animais (ZIMMERMANN; BIERREGAARD, 1986; LAURANCE et al., 1998), alterações na temperatura, vento e umidade do ar e do solo (CAMARGO; KAPOS, 1995), aumento nas taxas de mortalidade, danos e recrutamento de árvores (BENITEZ-MALVIDO, 1998; BENITEZ-MALVIDO; MARTINEZ-RAMOS, 2003; FERREIRA; LAURANCE, 1997; LAURANCE et al., 1998, LAURANCE, 2000), além do colapso da biomassa (LAURANCE et al., 1998).

O processo de fragmentação existe de forma natural, sendo muitas vezes atribuído as flutuações climáticas, heterogeneidade de solos, topografia entre outros (CONSTANTINO et al., 2003), mas também pode ser causado e intensificado por ações antrópicas como o desmatamento, a atividade madeireira, abertura de estradas e ramais, projetos de construção de hidrelétricas além do próprio modelo de ocupação do território associado aos ciclos econômicos (FERREIRA et al, 2005). Todos esses fatores influenciam na configuração dos padrões da paisagem, causando o processo de fragmentação.

Fragmentação da paisagem é o processo de redução e isolamento de áreas propícias à sobrevivência de espécies (METZGER, 1999). O conceito de paisagem é muito variável dependendo do enfoque de trabalho. Contudo, em biologia, a paisagem pode ser definida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo essa heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação (METZGER, 2001).

Nesse aspecto, a ecologia da paisagem apresenta duas vertentes distintas: uma *geográfica*, que privilegia o estudo da influencia do homem sobre a paisagem e a gestão do território e outra *ecológica* que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os

processos ecológicos e a importância destas relações em termos de conservação biológica (METZGER, 2001).

A maioria das paisagens sofre influência da ação do homem e de fenômenos naturais fazendo com que o mosaico de paisagens resultante seja constituído por um misto de elementos antrópicos e naturais que variam em forma, tamanho e arranjo (FORMAN; COLLINGE, 1997).

A Amazônia brasileira tem se tornado uma das regiões com as maiores taxas de desmatamento na região tropical (INPE, 2006) em consequência de um processo histórico de ocupação associado às atividades sócio-econômicas, alterando assim a dinâmica dos processos biológicos (LAURANCE, 2008).

Entre as atividades sócio-econômicas da região Amazônica que têm contribuído significativamente com o desmatamento favorecendo o processo de fragmentação da paisagem destaca-se: a expansão da fronteira agrícola, pecuária, extração madeireira (BIERREGAARD et al., 1992; NEPSTAD, 2000; LAURANCE et al., 2002; ALENCAR et al., 2004), obras de infra-estrutura tais como: asfaltamento de rodovias, construção de estradas, linhas de transmissão, construção de hidrelétricas e outros projetos que visam o desenvolvimento regional (FEARNSIDE, 2005; FERREIRA; VENTICINQUE; ALMEIDA, 2005).

Muitos estudos têm afirmado que os fragmentos resultantes do processo de fragmentação da floresta Amazônica são afetados direta e indiretamente por processos relacionados à modificação da paisagem, tais como o efeito da distância entre os fragmentos, o tamanho e a forma do fragmento, o tipo de matriz circundante e o efeito de borda (BIERREGAARD et al., 1992; METZGER 1997; 1999; GASCON et al., 1999; COLLI, 2003; FAHRIG, 2003; SCARIOT et al., 2003).

Desta forma, a fragmentação deve ser entendida através da análise de processos espaciais, pois a modificação da estrutura da paisagem é relevante por atuar na dinâmica das populações causando riscos de imigração e extinção (SOULÉ; ALBERT; BOLGER, 1992; TAYLOR, 1993; METZGER, 1999).

Um dos principais processos associados à fragmentação é denominado “efeito de borda” que são áreas formadas de forma abrupta entre o fragmento vegetal remanescente e o habitat dominante ao redor do mesmo, promovendo profundas mudanças na intensidade dos fluxos biológicos (METZGER, 1997).

Entre as principais modificações cita-se: mudanças no fluxo de radiação, umidade e temperatura do ar e do solo, velocidade do vento e o fluxo de água no ar (KAPOS, 1989; WILLIAMS-LINERA, 1990; BENITEZ-MALVIDO; MARINEZ-RAMOS, 2003;

LAURANCE et al., 2002) que causam profundos impactos à comunidade de plantas e animais residentes no fragmento (KAPOS, 1989; MURCIA, 1995).

O efeito de borda em um fragmento florestal é resultado de dois fatores: o tamanho e a forma geométrica do fragmento. Diversos autores têm demonstrado que existe uma relação direta entre o tamanho do fragmento e sua capacidade de manter certas populações de determinadas espécies (TOCHER; GASCON; ZIMMERMAN, 1997; SCARIOT, 1998; VIANA; PINHEIRO, 1998; METZGER, 1999; LAURANCE et al., 2002).

A forma geométrica do fragmento pode também influenciar as comunidades naturais. O fator forma é a relação perímetro/área, que é utilizado para estimar a proporção do fragmento que é submetido aos efeitos de bordas (METZGER, 1999), quanto menor for esta relação, menor será a borda. Fragmentos florestais mais próximos ao formato circular têm essa razão minimizada enquanto que os de formato mais irregular têm maior proporção de borda (MURCIA, 1995; VIANA; PINHEIRO, 1998; SCARIOT, 1998).

Outro parâmetro importante na fragmentação é o grau de isolamento dos fragmentos que pode afetar significativamente de forma negativa a riqueza e composição de populações devido à interrupção do fluxo gênico (VIANA; PINHEIRO, 1998; SCARIOT, 1998). A distância entre fragmentos pode funcionar como uma barreira para o livre trânsito das espécies, resultando em endocruzamentos gerando a perda de variabilidade genética (FUTUYMA, 1992).

Além do grau de isolamento, deve-se levar em consideração o tipo de matriz circundante, que é importante para os deslocamentos das espécies, influenciando os processos de extinção das populações (METZGER, 1999; COLLI et al., 2003).

Gascon et al (1999) relatam que as habilidades das espécies para o uso da matriz são muito variáveis, esses autores observaram essa relação com a abundância de pássaros, mamíferos e sapos na Amazônia Central e confirmaram que uma maior permeabilidade da matriz pode atenuar os efeitos da fragmentação.

Apesar dos inúmeros trabalhos realizados na região tropical sobre a fragmentação, a maioria destes estudos está associada ao processo de isolamento de fragmentos florestais em regiões terrestres, resultantes da conversão da cobertura florestal por atividades humanas. Tanto o processo de fragmentação e isolamento quanto às consequências ecológicas provocado pela formação de reservatórios ocasionados pela construção de usinas hidrelétricas para a produção de energia ainda é pouco estudado na Amazônia (LIMA, 2006).

Nas últimas décadas muitos estudos têm sido realizados na Amazônia, procurando compreender a ligação entre as modificações físico-biológicas resultantes da fragmentação e seus efeitos nas comunidades naturais (LAURANCE, 2008).

A maior parte das informações existentes na literatura sobre fragmentação na Amazônia foi obtida no “Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais” (PDBFF), realizado no estado do Amazonas desde 1979.

O projeto tem gerado vários estudos com diferentes grupos, incluindo plantas, insetos, anfíbios, aves e mamíferos (KLEIN, 1989; TOCHER; GASCON; ZIMMERMAN, 1997; LAURANCE et al, 1998; GASCON et al., 1999).

O PDBFF surgiu da necessidade de se determinar qual o tamanho mínimo de uma área fragmentada que isolada, pudesse manter os padrões físico-biológicos da floresta Amazônica, baseando-se no modelo da teoria de Biogeografia de Ilhas.

Desta forma foram criados diversos fragmentos florestais de diferentes tamanhos 1, 10 e 100 hectares a fim de comparar os efeitos da fragmentação e isolamento das variáveis físico-biológicas em relação à floresta contínua.

Após alguns anos os resultados obtidos deste projeto, começaram a demonstrar que os fragmentos isolados não se comportavam como ilhas oceânicas, mas tinham uma intensa interação com a matriz circundante, que no início era pastagem e depois passou a ser vegetação secundária de diferentes idades, resultando em uma dinâmica entre o fragmento e a matriz, um processo não previsto na teoria de Biogeografia de Ilhas.

Na Amazônia brasileira estão planejados 79 empreendimentos hidrelétricos (ELETROBRÁS, 1987), sendo que das 19 hidrelétricas brasileiras em estudos de viabilidade, nove se localizam na Bacia Amazônica (ELETROBRÁS, 2008).

Das principais usinas em funcionamento na Amazônia, a Usina hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará e a Usina hidrelétrica de Balbina no estado do Amazonas, alagaram grandes áreas de floresta para a formação de reservatórios com a construção de suas barragens. A primeira tem um reservatório de 2.430 km² e a segunda de 2.360 km² (ELETROBRÁS, 1990).

O principal impacto na construção de usinas hidrelétricas é o alagamento de extensas áreas de vegetação para formação de reservatórios, provocando perdas substanciais de áreas florestadas, resultando na formação de centenas ou milhares de ilhas, com diferentes graus de isolamento, tamanho e formas geométricas (LIMA, 2006).

Das principais usinas em funcionamento na Amazônia, a Usina hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará e a Usina hidrelétrica de Balbina no estado do Amazonas, alagaram grandes áreas de floresta para a formação de reservatórios com a construção de

suas barragens. A primeira tem um reservatório de cerca de 2.500 km² e a segunda de cerca de 2.430 km² (ELETROBRÁS, 1990).

Este não será o principal impacto da construção do AHE Belo Monte, pois o reservatório da usina tem previsão de alagar uma área bem menor em comparação com os reservatórios citados acima.

Este empreendimento tem três impactos diretos com a criação do reservatório, o primeiro será formado em um trecho de floresta não inundada e denominado reservatório dos canais, provocando o alagamento e mortalidade da vegetação primária e secundária no limite do futuro lago. O segundo reservatório será formado aproveitando a calha natural do rio Xingu, causando impacto principalmente nas vegetações sujeita a flutuação cíclica do rio Xingu, denominadas de florestas ombrófilas aluviais (florestas de igapó) e as formações pioneiras (pedrais ou pedregais) e o terceiro impacto será provocado pela criação de um trecho de vazão reduzida do rio Xingu, a jusante da barragem do sitio Pimental, causando impacto nas formações pioneiras (pedrais ou pedregais), sendo o nível deste impacto diretamente relacionado com as vazões mínimas e máximas que serão liberadas pelo vertedouro do reservatório.

As conseqüências ecológicas do efeito de fragmentação e o isolamento de fragmentos florestais em reservatórios de grandes hidrelétricas ainda são pouco conhecidos (PAVAN, 2002; WU *et al.*, 2003) e o nível de impacto da formação de reservatórios em vegetações sujeitas à flutuação cíclica dos rios da Amazônia ainda é desconhecida.

A Área de Influência Direta do AHE de Belo Monte está inserida numa região de considerável diversidade de ambientes, tipos de vegetação e unidades de paisagem.

A região sofreu considerável mudança na sua cobertura florestal original, com a ação antrópica se fazendo presente mais fortemente na zona de influência da rodovia Transamazônica (BR-230) e seus travessões, cuja ocupação humana tem sido intensamente induzida por projetos de colonização agrária nos últimos 30 anos.

Isto resultou na conversão da cobertura vegetal original para diversos tipos de usos da terra, entre os quais agricultura familiar de ciclo curto, pastagens para pecuária bovina e culturas perenes como cacau e pimenta do reino, resultando em uma paisagem modificada formada por centenas de fragmentos florestais circundados por diferentes formas de uso.

Do ponto de vista ecológico, estes fragmentos florestais podem ser considerados como ilhas de biodiversidade, os únicos lugares onde podemos ainda conseguir as informações biológicas necessárias para a restauração da paisagem fragmentada e a conservação desse ecossistema ameaçado.

Os fragmentos florestais situados na Área de Influência Direta do AHE Belo Monte sofrerão impactos diretos pela criação do lago do reservatório. Entre os principais impactos podemos citar:

1. Alagamento parcial ou total de fragmentos pelo enchimento do lago e canais de derivação
2. Impacto total e parcial de fragmentos resultante da remoção e transferência de material de escavação para a formação do lago e canais de derivação.
3. Isolamento dos fragmentos florestais com a formação do lago e canais de derivação.

Atualmente, o elevado grau de fragmentação e isolamento dos fragmentos florestais na Área de Influência Direta do AHE Belo Monte provavelmente podem não ter condições naturais para manter populações mínimas viáveis para muitas espécies vegetais e animais. Portanto, existe a necessidade imediata de se desenvolver e adaptar técnicas de restauração de paisagens fragmentadas que provoquem o fluxo gênico entre populações isoladas, que mantenham a integridade ecológica nestes fragmentos.

Seja qual for a estratégia adotada para a conservação dos fragmentos florestais, o estudo de parâmetros métricos (quantitativos) que descrevam a paisagem é fundamental, sendo estes normalmente denominados de métricas de paisagens. Entende-se por “métricas de paisagens” algoritmos¹ que quantificam características espaciais de fragmentos isoladamente, em conjunto ou de todo o mosaico da paisagem (McGARIGAL et al., 2002).

Os parâmetros métricos são utilizados para mostrar de que forma os fragmentos estão distribuídos ao longo da paisagem, qual o percentual da paisagem ocupado pelo conjunto de fragmentos, qual proporção das áreas ocupadas por vegetação nativa está sob o chamado “efeito de borda”, etc.

Os parâmetros métricos de paisagem podem ajudar a definir quais as melhores estratégias na escolha das áreas a serem protegidas e/ou recuperadas. Esses índices são calculados a partir de mapas categóricos: tipos de vegetação, classes de uso e ocupação de solos, unidades pedológicas, entre outros. Existem mais de uma centena de métricas divididas em categorias e que são utilizadas para estudos ecológicos (METZGER, 2003).

¹ **Algoritmo**, em matemática, constitui o conjunto de processos para efetuar um cálculo.

Para que isso não ocorra são necessários estudos em nível de paisagem para a determinação de áreas prioritárias para preservação e conservação, e em nível de fragmentos, para o inventário e avaliação de sua situação atual (vulnerabilidade, proteção legal, estágio de sucessão vegetal, etc.) (HERRMANN *et al.* 2005).

Diferentes autores apontaram que a manutenção ou construção de corredores de fauna (ou de conservação) são importantes medidas mitigadoras para manter a conectividade de ambientes cortados por estradas. (FORMAN *et al.* 2003).

Este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação da perda da cobertura florestal na Área de Influência Indireta (AII) do Aproveitamento Hidroenergético de Belo Monte (AHE Belo Monte) no período de 1997 a 2006.

Caracterizar os fragmentos florestais da Área de Influência Direta do AHE Belo Monte em relação ao tamanho, grau de isolamento e forma dos fragmentos com vistas a determinar locais prováveis para soltura de animais, criação de corredores de biodiversidade e proposição de novas unidades de conservação

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo é conduzido na Área de Influência Direta do baixo e médio rio Xingu, onde se pretende construir o Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte (AHE Belo Monte), na região norte do Brasil, envolvendo cinco municípios do estado do Pará, com cerca de 390 mil hectares em sua porção terrestre e 68 mil hectares em sua porção aquática (Figura 1).

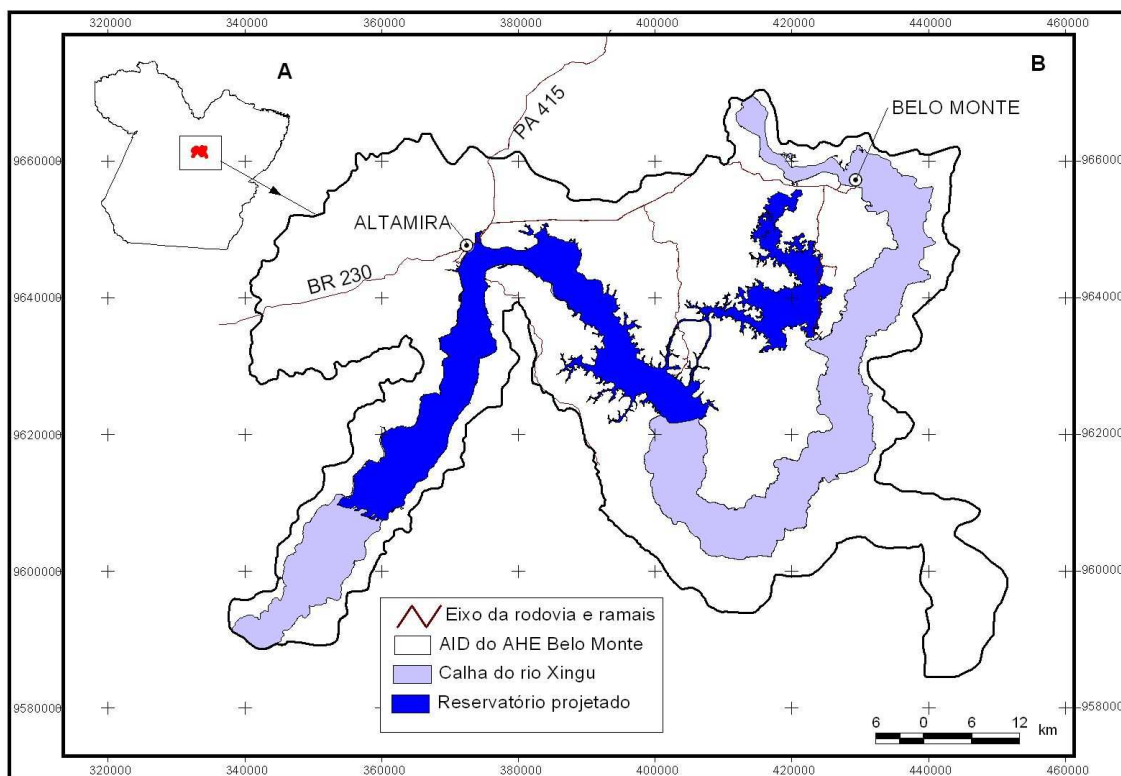


Figura 1 – Localização da AID do AHE Belo Monte

A Área de Influência Direta do AHE Belo Monte corresponde ao território onde a implantação do projeto impacte de forma direta sobre os recursos ambientais, modificando a sua qualidade ou diminuindo seu potencial de conservação ou aproveitamento, além da rede de relações sociais, econômicas e culturais a ser afetada durante todas as fases do empreendimento, sendo estas questões observadas para a sua delimitação².

² Termo de referência para elaboração do estudo de impacto ambiental e o respectivo relatório de impacto ambiental – EIA / RIMA Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (PA) - Processo nº 02001.001848/2006-7 – IBAMA – Dezembro de 2007.

Coleta de dados

Os fragmentos florestais identificados na Área de Influência Indireta (AII) deste estudo foram obtidos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que é órgão responsável por produzir as estimativas anuais das taxas de desflorestamento da Amazônia Legal no (Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite).

Nesta análise foram utilizados dados do PRODES Digital - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (<http://www.obt.inpe.br/prodes/>).

Os resultados do PRODES estão à disposição da comunidade brasileira. Os dados disponíveis incluem: (a) Imagens de satélite por cena LANDSAT (órbita/ponto); (b) Mapas temáticos de desflorestamento, tomando como base o ano de 1997, com incrementos para os períodos 1997-2000, 2000-2001, 2001-2002, 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005 e 2005-2006. Os dados têm uma resolução espacial de 60 metros e as classes de uso identificadas são: floresta, não floresta, nuvem, hidrografia e desflorestamento (CAMARA *et al.* 2006).

Foi utilizado o Mosaico com todos os estados da Amazônia Legal em formato Spring, referente ao período de 1997 a 2006 (PDigital 2000_2006_AMZ_spr.zip). Este arquivo está em formato Grade Regular (resolução 60m x 60m expressa em grau decimal), na projeção Lat-Long (coordenadas geodésicas) e Datum SAD69 (Figura 1).

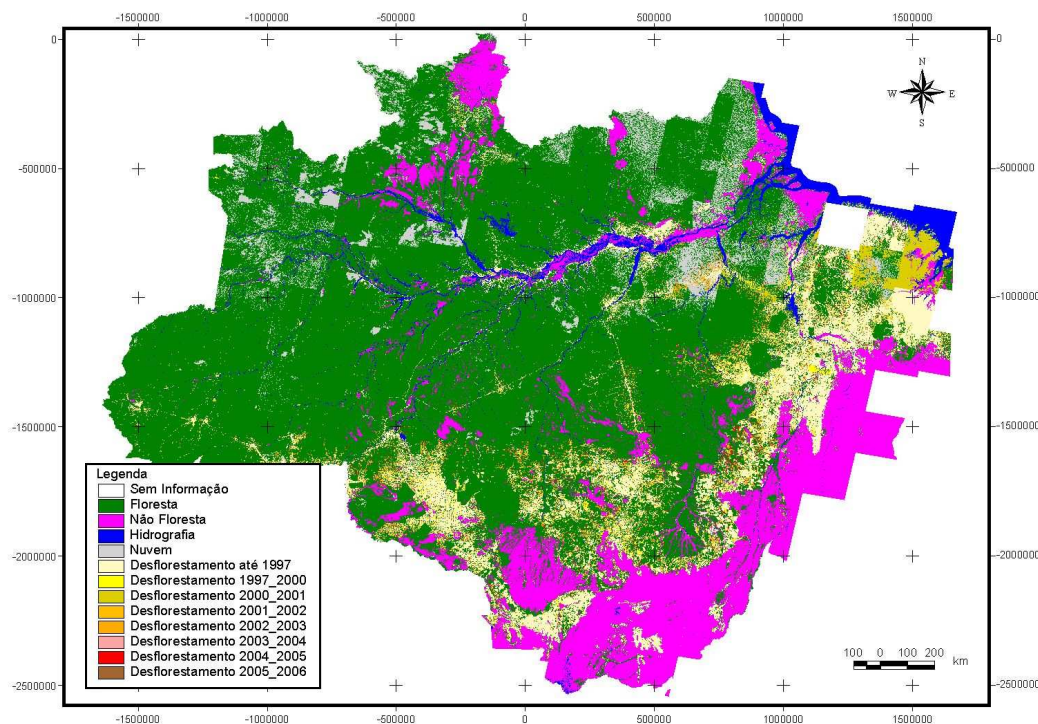


Figura 2 – Classes de uso e desflorestamento da Amazônia Legal brasileira.

As bases de informações cartográficas usadas neste estudo foram fornecidas pela Leme Engenharia coordenadora do EIA/RIMA – Componente biótico (ÁVILA 2007).

Os mapas e análises de dados realizados foram feitos usando a Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM) - 22 Sul; Esferóide: South American, 1969 e Datum Horizontal: SAD 69.

Os fragmentos florestais identificados na Área de Influência Direta (AID) deste estudo foram obtidos pela interpretação conduzida diretamente sobre as imagens de satélite. As imagens multiespectrais de satélite utilizadas para o mapeamento da AID foram à das órbitas ponto 225/062, 225/063 e 226/062, 226/063 registradas pelo sensor TM/Landsat-5 em 26/07/05 e 04/08/05, respectivamente. Utilizaram-se também as imagens 164/103, 164/104 e 165/103, 165/104 do sensor CCD/CBERS2 de 25/06/2006 e 22/06/06, respectivamente. Os produtos cartográficos e quantitativos produzidos foram analisados e integrados com as informações coletadas em campo. .

Métodos e procedimentos

O desenvolvimento deste estudo foi baseado na utilização do geoprocessamento disponibilizados em SIG (Sistema de informação geográfica) e processamento estatístico das métricas de paisagem. O geoprocessamento permite utilizar ferramentas e técnicas para estudos em diversas escalas á medida que estejam disponíveis em imagens³.

Na imagem de satélite foram mapeados cerca de 220 fragmentos florestais em ambas as margens do rio Xingu da Área de Influência Direta do AHE Belo Monte..

Um grande número de métricas de paisagem é consagrado por trabalhos desenvolvidos por pesquisadores para quantificar as paisagens. A definição mais comum de paisagem é uma área de terra heterogênea composta de um agrupamento de ecossistemas interativos que se repetem de modo similar por todas as partes (METZGER 2006).

Um dos motivos que proporcionou a popularização dessas métricas e seu emprego em Ecologia de Paisagens foi à disponibilização de recursos computacionais cada vez mais poderosos, além do fato de fazerem hoje parte do dia-a-dia de cada cientista e estudioso de todas as áreas do conhecimento (VOLOTÃO 1988)

³ **Imagens** representam formas de captura indireta de informação espacial, armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem (“pixel”) tem um valor proporcional á energia eletromagnética emitida ou refletida pela área da superfície terrestre correspondente (CÂMARA; MONTEIRO; CASANOVA, 1996)

A análise espacial de índices neste estudo foi realizada a partir do programa ArcGis 9, usando a extensão V-LATE (**V**ector-based **L**andscape **A**nalysis **T**ools **E**xtension), em formato vetorial (shapefiles - **.shp) (Figura 3).

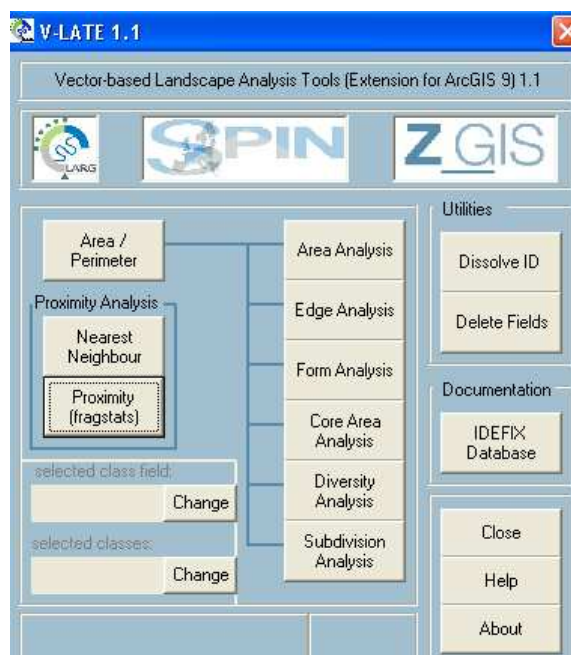


Figura 3 – Interface gráfica do programa V LATE mostrando as principais métricas de paisagem usadas neste estudo.

As métricas utilizadas neste estudo foram escolhidas em função do objetivo do estudo, ou seja, uma quantificação adequada da paisagem para analisar os fragmentos florestais da AID do AHE Belo Monte, sendo as principais métricas usadas:

As métricas de paisagem são agrupadas em duas categorias: os *índices de composição*, que dão uma idéia de quais unidades estão presentes na paisagem, da riqueza dessas unidades e da área ocupada por elas e os *índices de disposição*, que quantificam o arranjo espacial dessas unidades em termos de grau de fragmentação: grau de isolamento e conectividade de manchas, formato e complexidade de formas de manchas que compõem o mosaico da paisagem (METZGER, 2003).

As métricas utilizadas neste estudo foram escolhidas em função do objetivo do estudo, ou seja, a quantificação da paisagem para analisar as ilhas de floresta na AID do AHE Belo Monte. As métricas de paisagem usadas neste estudo foram:

A – Métrica de forma

O tamanho e a forma geométrica dos fragmentos podem influenciar inúmeros processos ecológicos, tais como, a migração de pequenos animais ou a colonização de plantas.

O principal aspecto da forma é a relação com o efeito de borda que mede a complexidade da forma comparada a um círculo. Este índice determina se a área está mais próxima à forma circular ou alongada. Quanto mais próximo ao valor 1, mais circular será a área, ou seja, uma circunferência possui borda mínima de contato entre a sua área e o exterior, resultando em uma menor influência do meio externo (FORMAM & GODRON, 1986; LAURANCE, 1991; PIRES, 1995).

A forma do fragmento está diretamente relacionada com o grau do efeito de borda que está agindo sobre o mesmo e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre sua diversidade. Essas influências externas como as variações na temperatura, umidade relativa, penetração de luz e exposição aos ventos, podem determinar fatores biológicos como a mortalidade de árvores e a variação na composição de espécies das áreas de borda para o interior da floresta (MURCIA 1995).

A métrica de forma usada neste estudo foi:

SHAPE – índice de forma - Perímetro do fragmento dividido pela raiz quadrada da área e dividido por 4 (a forma quadrada terá SHAPE=1)

B – Métricas de vizinhança

São métricas que se baseiam na distância de vizinho mais próximo. Vizinho mais próximo é definido com o a distância de um fragmento para o fragmento que está à sua volta e baseado na distância borda-a-borda. Estas métricas quantificam a configuração da paisagem. A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e tem implícito em seus resultados o grau de isolamento dos fragmentos.

A métrica de vizinhança usada neste estudo foi:

NEAR – distância do vizinho mais próximo que usa a distância euclidiana borda-a-borda entre o fragmento e o mais próximo de mesma classe

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desflorestamento na AII e AID do AHE Belo Monte

A cobertura florestal remanescente e o desflorestamento acumulado até 2006 na Área de Influência Indireta (AII) de Belo Monte é cerca de 20,1% e 49,7%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Área total de proporção de área desflorestada e em floresta na AII do AHE Belo Monte entre os anos de 1997 e 2006.

Ano	Desflorestamento (km ²)	Floresta	Desflorestamento (%)	Floresta (%)
até 1997	2319	17114	8.3	61.4
1997-2000	2490	16944	8.9	60.8
2001	3454	15979	12.4	57.4
2002	3542	15891	12.7	57.0
2003	4711	14722	16.9	52.9
2004	5059	14374	18.2	51.6
2005	5404	14029	19.4	50.4
2006	5595	13839	20.1	49.7

O processo de ocupação da Amazônia teve uma aceleração a partir da década de 1970, com forte presença do Estado, num contexto de integração nacional, que incluiu o estabelecimento dos chamados “eixos” e “pólos” de desenvolvimento, apropriação de terras para projetos agropecuários e reforma agrária, mineração.

Na região da transamazônica onde se inseri o município de Altamira, a pecuária e a extração ilegal de madeira tem se destacado como as principais atividades econômicas no processo de ocupação desta região, mas recentemente a produção de grãos tem tido a sua importância aumentada (MACHADO, 1998).

Essa conversão da floresta para outros usos tem uma série de impactos sobre a biodiversidade, ciclos biogeoquímicos e relações de produção. Desta forma, para tentar-se se minimizar os seus impactos é necessário o conhecimento do comportamento da conversão da floresta para outros usos.

Houve um aumento significativo do desflorestamento, entre 1997 e 2006, na AII do AHE Belo Monte. Conseqüentemente houve uma diminuição significativa de floresta na AII no mesmo período de tempo analisado neste estudo (Figura 4).

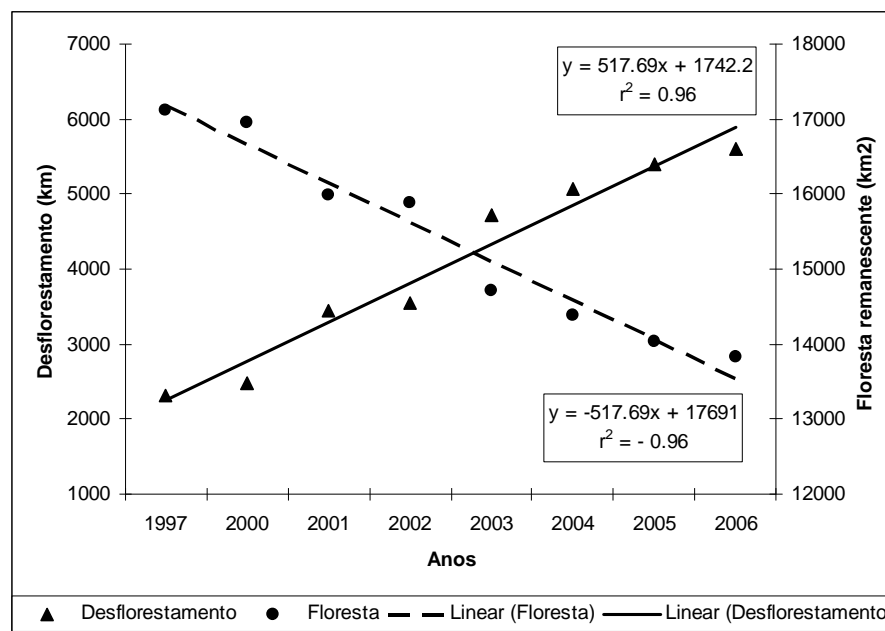


Figura 4 – Relação do desflorestamento e floresta remanescente na Área de Influência Indireta (AII) do AHE Belo Monte entre os anos de 1997 e 2006.

A diminuição da proporção da cobertura vegetal na AII do AHE Belo Monte diminuiu de 61.4% em 1997 para 49.7% em 2007, enquanto a proporção do desflorestamento na AII aumentou de 8.3% em 1997 para 20% em 2006 (Tabela 1).

Um ponto importante foi o grande incremento do desflorestamento entre os anos de 2002 e 2003, na AII do AHE Belo Monte, que pode estar associado à expectativa de construção do empreendimento neste período. Isto deve ser objeto de um programa de monitoramento anual, pois provavelmente o haverá um incremento do desflorestamento na região da AII do AHE Belo Monte nos próximos anos com a real implantação do empreendimento (Tabela 1).

Outro ponto importante demonstrado neste estudo é a maior proporção do desflorestamento na AID do AHE Belo Monte entre os anos de 1997 e 2006 que variou de 21.4% em 1997 para 40,2% em 2006, significativamente maior do que a variação na AII (Figura 5).

Isto é associado às atividades econômicas na região da AID ligadas principalmente a conversão da floresta primária para exploração madeireira, agricultura familiar e principalmente agropecuária. Esta tendência, com certeza, será estimulada pela implantação do empreendimento.

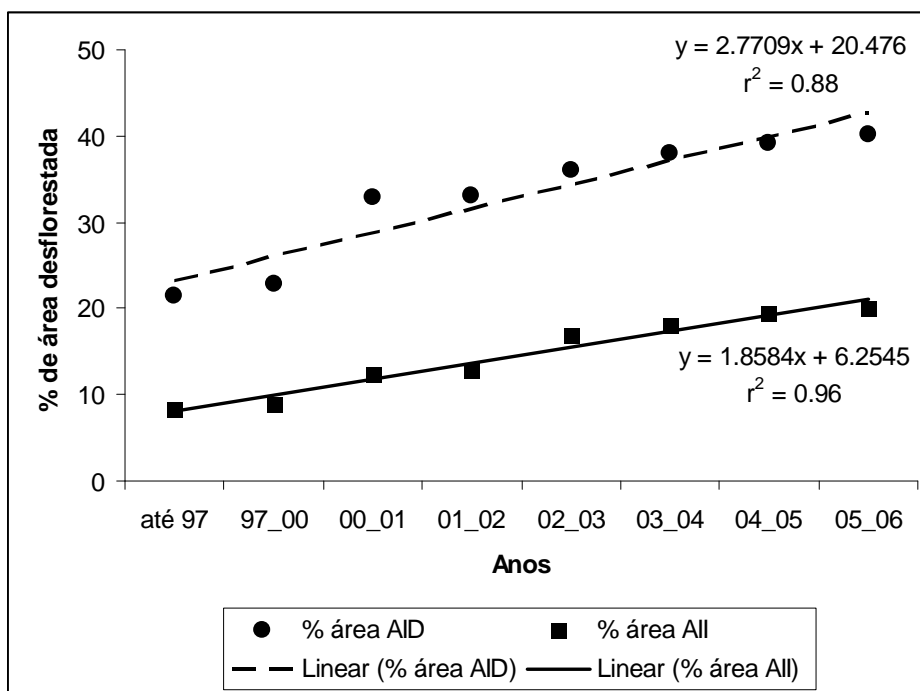


Figura 5 – Proporção do desflorestamento nas Áreas de Influência Direta (AID) e na Área de Influência Indireta (AII) do AHE Belo Monte entre os anos de 1997 e 2006.

Desflorestamento entre as margens

O desflorestamento foi significativamente diferente na AID do AHE Belo Monte entre a margem esquerda e direita do rio Xingu, devido as grandes diferenças no padrão de ocupação.

A margem esquerda do rio Xingu na AID do AHE Belo Monte esta sob forte influência da rodovia Transamazônica (BR 230) e seus principais ramais, denominados, localmente de travessões (Figura 6).

Esta situação fica claramente visível na região denominada de volta grande do Rio Xingu, a leste da cidade de Altamira até o distrito de Monte Alegre. Esta região tem uma ocupação bastante antiga, sendo isto refletido no padrão de desmatamento ao longo da rodovia Transamazônica (BR 230) e travessões.

Na margem direita o desflorestamento observado pode ser dividido em duas frentes independentes, uma a sudeste do distrito de Belo Monte, sob a influência da rodovia Transamazônica (BR 230) e travessões, outra associado a estrada Tran-assunini (BR 148) eu liga a cidade de Altamira ao rio Ituna, chegando até a cidade denominada de garimpo da Ressaca. Finalmente a outra frente de desflorestamento situa-se a sudoeste da cidade de Altamira sendo resultante da ocupação da margem do rio Xingu por fazendas de diferentes tamanhos (Figura 6).

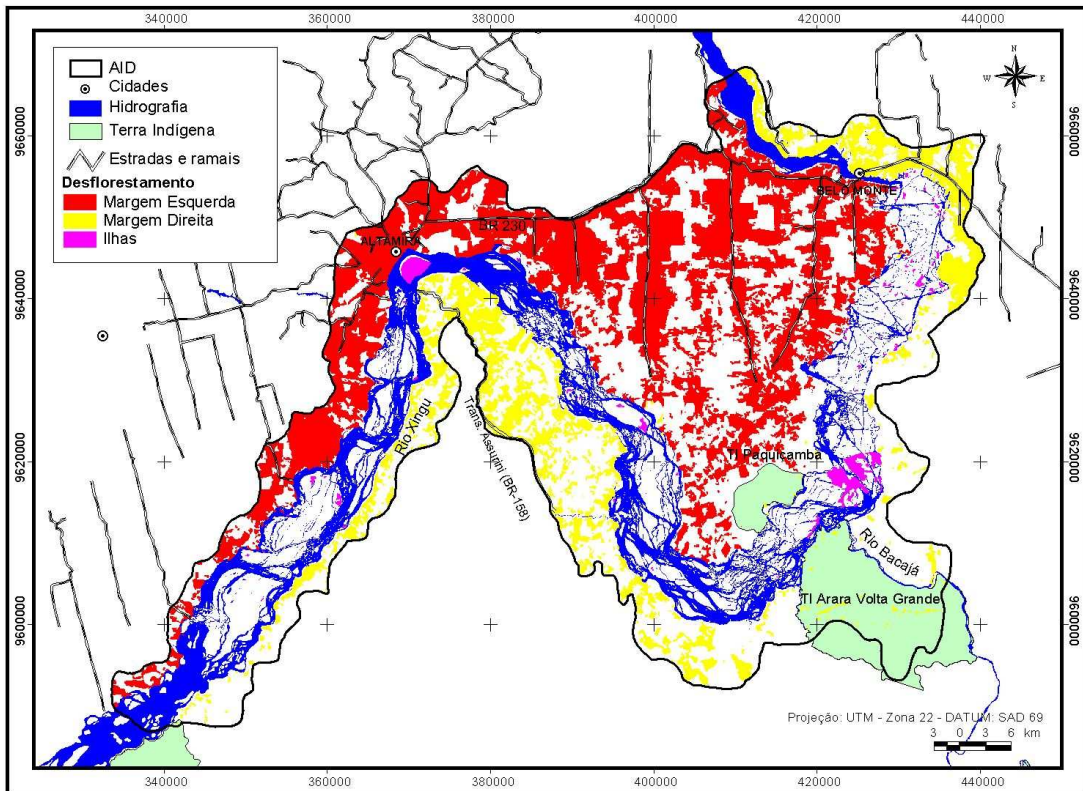


Figura 6 – Desflorestamento observado na AID do AHE Belo Monte em relação à margem do rio Xingu

Outra frente de expansão está ocorrendo entre os rios Bacajai e o Bacaja, limites naturais da Terra Indígena Arara Volta grande, sendo resultado de fazendas para a criação de gado e assentamentos humanos (Figura 6).

Um resultado interessante é que apesar da maior proporção de área desflorestada na margem esquerda do rio Xingu em comparação a margem direita na AID do AHE Belo Monte, o padrão de desflorestamento ao longo do tempo é idêntico entre as duas margens (Figura 7).

Houve um grande incremento no desflorestamento entre os anos de 2000 e 2001 em ambas as margens, diminuindo significativamente entre 2001-2002. No período de 2002-2004 houve um aumento do desflorestamento na AID em ambas as margens, diminuindo no período de 2004-2006 (Figuras 7 e 8).

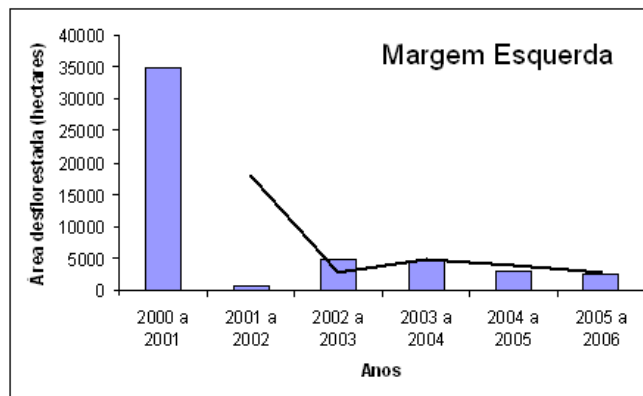
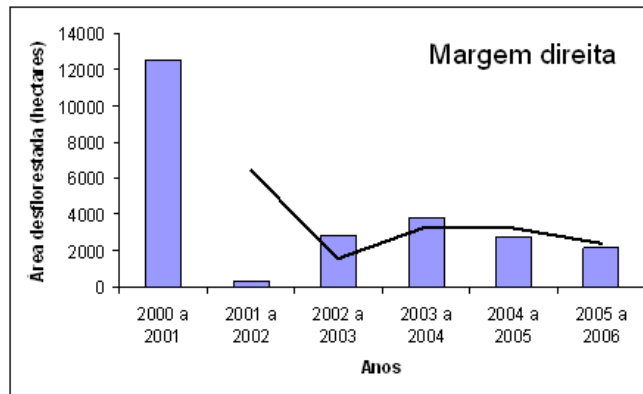


Figura 7 – Evolução do desflorestamento entre 2000 e 2006 na margem esquerda e direita do rio Xingu na Área de Influência Direta (AID) Belo Monte.

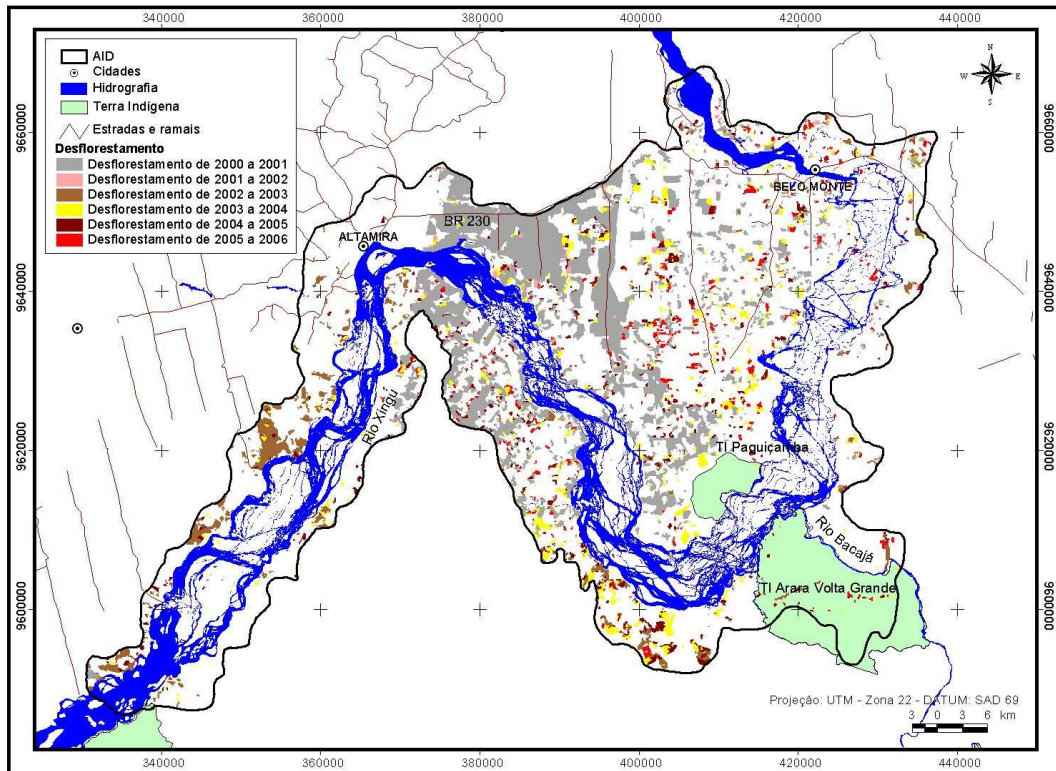


Figura 8 – Distribuição espacial da evolução do desflorestamento entre 2000 e 2006 na margem esquerda e direita do rio Xingu na Área de Influência Direta (AID) Belo Monte.

Fragmentos florestais da AID de Belo Monte

A fragmentação das florestas tropicais tem sido apontada como uma das maiores preocupações na biologia da conservação e muitos estudos têm mostrado que o processo de redução das áreas naturais devido aos desmatamentos tem consequências diretas na manutenção da biodiversidade (HERMANN et al., 2005).

A fragmentação ocorre quando um ecossistema natural complexo e heterogêneo é convertido em outro simples e homogêneo, normalmente associado a atividades humanas (LAURANCE, 2008).

O processo de fragmentação existe de forma natural, sendo muitas vezes atribuído às flutuações climática, heterogeneidade de solos, topografia entre outros (CONSTANTINO et al., 2005), mas também pode ser causado e intensificado por ações antrópicas como o desmatamento, a atividade madeireira, abertura de estradas e ramais, projetos de construção de hidrelétricas além do próprio modelo de ocupação do território associado aos ciclos econômicos (FEREIRA *et al*, 2005) Todos esses fatores influenciam na configuração dos padrões da paisagem, causando o processo de fragmentação.

Um das características mais importantes no estudo de fragmentos florestais são o grau de isolamento que pode afetar de forma negativa a riqueza e composição de populações devida á interrupção do fluxo gênico (VIANA et al., 1998; SCARIOT, 1998), pois a distância entre fragmentos pode funcionar como uma barreira para o livre trânsito das espécies, resultando em endocruzamentos gerando a perda de variabilidade genética (FUTUYMA, 1992).

Na Área de Influência Direta do AHE Belo Monte existem diversos fatores que contribuem para o isolamento dos fragmentos florestais. Atualmente, entre os principais fatores podemos citar: a posição dos fragmentos em relação a margem do rio Xingu e a presença de estradas e travessões (Figura 9).

Com a implantação do empreendimento, outro fator será somado aos já citados, a criação do reservatório dos canais, que promoverá o isolamento dos fragmentos situados na margem esquerda do rio Xingu, ao sul da BR-230, na volta grande do rio Xingu, entre os travessões do km 17 ao km 55 (Figura 9).

Com base nestas variáveis atuais e futuras, podemos dividir a Área de Influência Direta do AHE de Belo Monte em 11 áreas de isolamento, 7 áreas na margem esquerda e 4 na margem direita do rio Xingu (Figura 9).

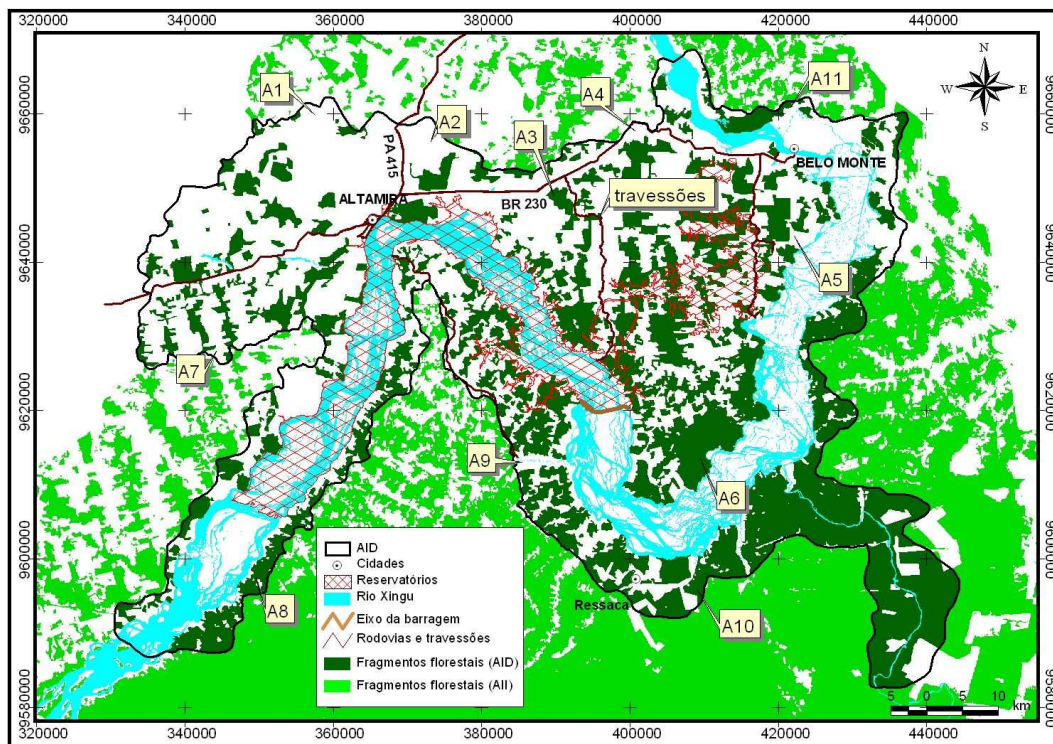


Figura 9 - Áreas de isolamento na Área de Influência Direta do AHE de Belo Monte em relação as estradas, ramais, canal de derivação, reservatório dos canais e margem do rio Xingu.

Uma observação importante a ser salientada é que o limite da Área de Influência Direta do AHE de Belo Monte resultou na criação “artificial” de diversos fragmentos florestais na margem direita do rio Xingu, pois os limites da AID não levou em consideração a área remanescente de floresta.

A maioria dos fragmentos florestais situados na margem direita do rio Xingu dentro dos limites da AID de Belo Monte nas áreas A8 a A11 não pode ser considerados fragmentos naturais (Figura 9), pois a maioria dos mesmos são contínuos e foram criados artificialmente pelo limite da AID de Belo Monte. Desta forma, a análise das métricas de paisagem a fim de avaliação dos fragmentos para a conservação da biodiversidade foi realizada somente nos fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu no limite da AID do AHE Belo Monte.

Na avaliação da escolha dos fragmentos de vegetação devem ser considerados, quando possível, alguns consensos em relação à biologia de conservação. Este consenso pode ser resumido nos seguintes premissas (NOSS 1996):

- Fragmentos vegetais maiores, são melhores que fragmentos pequenos com pequenas populações;
- Fragmentos de vegetação conectados são melhores do que fragmentos isolados;
- Fragmentos de vegetação não cortados por estradas ou de difícil acesso são preferenciais em relação a cortados fragmentos por estradas e, portanto, mais acessíveis;
- Fragmentos com formas irregulares não são adequados para o monitoramento da biota, pois o efeito de borda impede a manutenção de populações viáveis de espécies em longo prazo.

Fragmentos da margem esquerda do rio Xingu

Na AID do AHE Belo Monte da margem esquerda do rio Xingu foi classificado 151 fragmentos florestais, com tamanhos variando de 8 a 11.469 hectares (Figura 10).

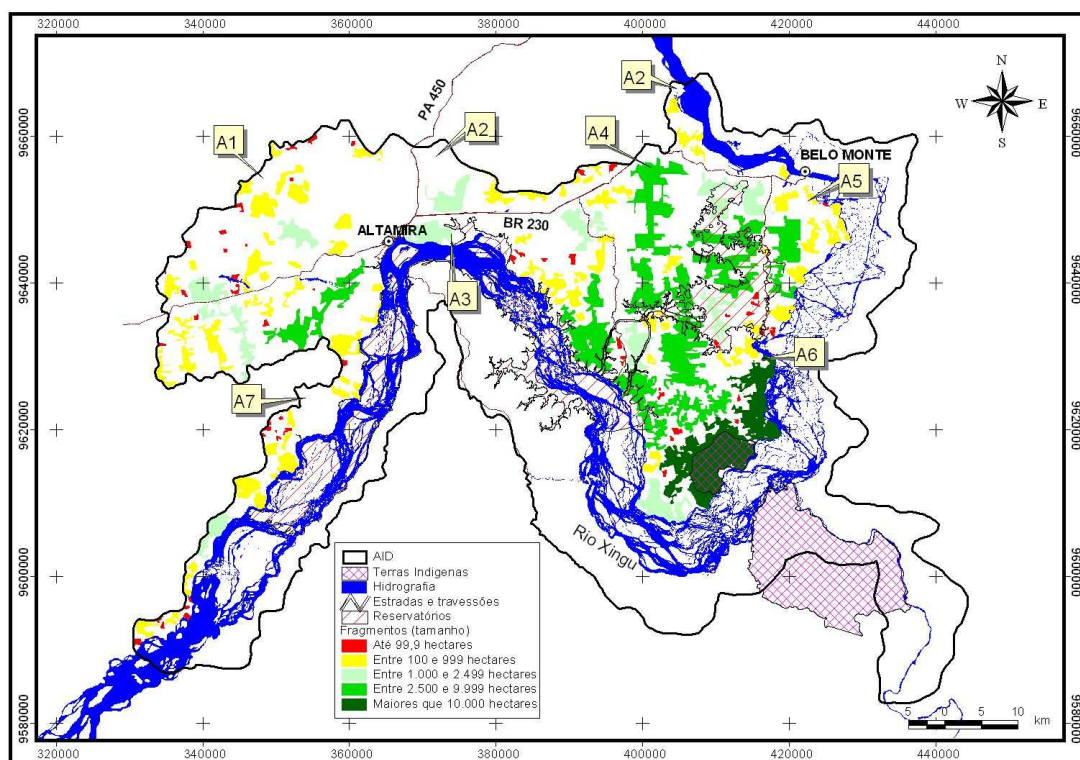


Figura 10 – Distribuição dos fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu em relação às classes de tamanho.

Para a avaliação do potencial dos fragmentos florestais para a manutenção de populações viáveis de espécies, os fragmentos foram agregados em cinco classes de tamanho:

- Classe 1 – Fragmentos com até 99,9 hectares
- Classe 2 – Fragmentos entre 100 e 999 hectares
- Classe 3 – Fragmentos entre 1.000 e 2.4999 hectares
- Classe 4 – Fragmentos entre 2.500 e 9999 hectares
- Classe 5 – Fragmentos maiores que 10.000 hectares

Esta categorização atende as principais premissas estabelecidas com base no conhecimento acumulado sobre fragmentação de florestais tropicais, especialmente para os ecossistemas amazônicos.

Murcia (1995), Laurance et al. (1997) e Laurance (2008) relatam que fragmentos menores que 100 hectares são pequenos e muito vulneráveis aos efeitos de borda, estando

sujeitos a alterações drásticas e progressivas, sendo, portanto, de pouca valia para a conservação da flora e fauna.

Ferreira e Laurance (1997) demonstraram elevadas taxas de mortalidade e danos de árvores a até 100 metros da borda de fragmentos florestais. Desta forma, considerando que os fragmentos com tamanhos menores que 100 hectares são representados somente por borda e conseqüentemente não têm capacidade para manter populações viáveis de espécies, sendo, portanto, não prioritários para a conservação da biodiversidade em longo prazo.

Dos 151 fragmentos florestais, 55 fragmentos (36% do total) têm até 100 hectares de tamanho, sendo, portanto, ineficazes para a conservação da biodiversidade devido ao pequeno tamanho (Figura 11).

A classe de tamanho 2 é formada por 75 fragmentos florestais (50% do total) (Figura 9). Diversos autores têm sustentado que fragmentos com tamanhos variando de 100 a 1.000 hectares não tem área suficiente para a manutenção da maioria das espécies de flora e fauna em longo prazo, pois são formados por pequenas e isoladas populações de espécies da fauna e flora que devido à diminuição ou interrupção do fluxo gênico, podem estar sujeitas a sofrer depressão endogâmica e menor probabilidade de manter populações mínimas viáveis, implicando em eventos de extinção local e perda de diversidade biológica.

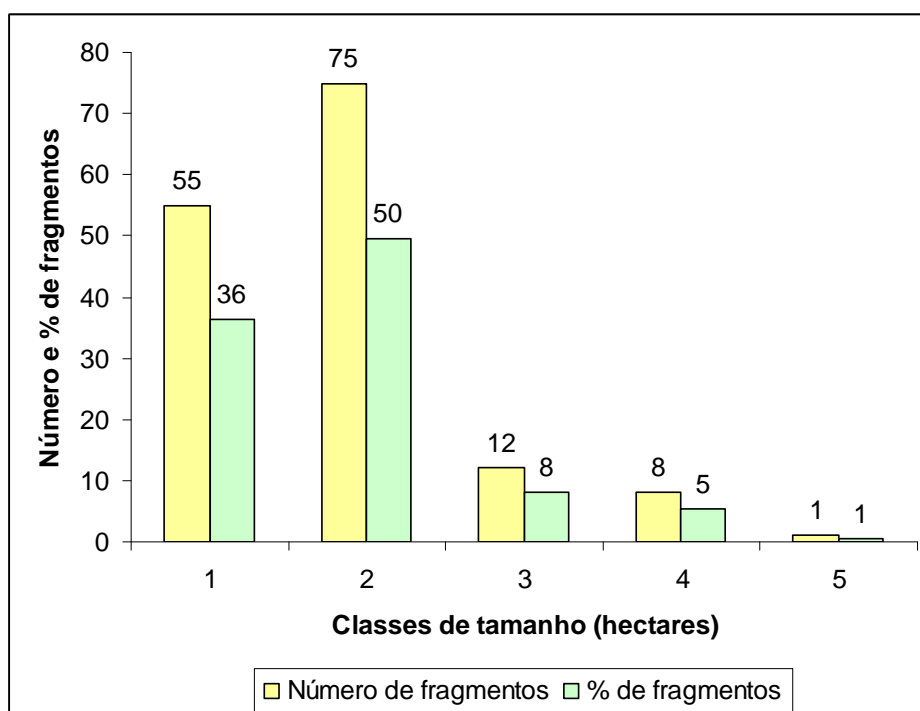


Figura 11 – Número e proporção total de fragmentos da margem esquerda do rio Xingu na Área de Influência Direta (AID) do AHE Belo Monte, divididos em 5 classes crescentes de tamanho

A estratégia para a conservação dos fragmentos florestais da classe de tamanho entre 100 e 1.000 hectares (classe 2) será desenvolver e adaptar técnicas de restauração de paisagens fragmentadas que possibilitem o fluxo gênico entre populações isoladas a fim de manter a integridade ecológica nestes fragmentos.

Diferentes autores apontaram que a manutenção ou construção de corredores de biodiversidade ou de conservação são importantes medidas mitigadoras para manter a conectividade de ambientes, pois permitem a criação de um sistema de meta-populações (Forman et al, 2003; Ng et al, 2004).

As três demais classes de fragmentos com tamanhos maiores que 1.000 hectares existentes na AID, região da margem esquerda do rio Xingu, são representados por somente 21 fragmentos (14% do total) (Figura 11).

Estes fragmentos são os que possuem maior probabilidade de manter populações viáveis de espécies, sendo, portanto, prioritários para conservação da biodiversidade em longo prazo.

Grau de isolamento

A conectividade tem sido relatada como um dos fatores mais importante para a manutenção de fluxos ecológicos e gênicos fundamentais para a manutenção da biodiversidade em uma paisagem fragmentada. Neste estudo, a métrica de paisagem analisada como medida de conectividade entre os fragmentos, foi à distância ao vizinho mais próximo.

Os fragmentos florestais deste estudo foram agrupados nas seguintes classes de distância, segundo os resultados dos principais estudos publicados pelo Projeto Dinâmico Biológica de Fragmentos Florestais (PBDF) que tem estudado o efeito da fragmentação e isolamento de plantas e animais na Amazônia há cerca de 30 anos.

- Classe 1 – até 60 metros, representa uma distância compatível com a escala de feições naturais, por exemplo, rede de drenagem, que dividem a floresta sem evidência de diferenciação populacional.
- Classe 2 – de 61 a 600 metros, representa distâncias intermediárias que permitiriam um fluxo de espécies mais tolerantes, mas que dificultariam o deslocamento de espécies tipicamente florestais.
- Classe 3 – acima de 600 metros, distância superior aquela em que já foram observados isolamentos de subespécies ou populações de vertebrados florestais (veja relatório de mamíferos de médio e grande porte do diagnóstico biótico deste Projeto para maiores detalhes) entre margens

opostas de alguns rios da Amazônia, por exemplo, rio Negro, Tapajós e Xingu.

Dos 151 fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu na Área de Influência Direta do AHE Belo Monte, 10 fragmentos (7% do total) tem distância de até 60 metros entre si e 27 fragmentos (18% do total) tem distâncias maiores que 600 metros entre si. A grande maioria dos fragmentos, 114 (75% do total) em distância variando de 61 a 600 metros entre si (Figura 12).

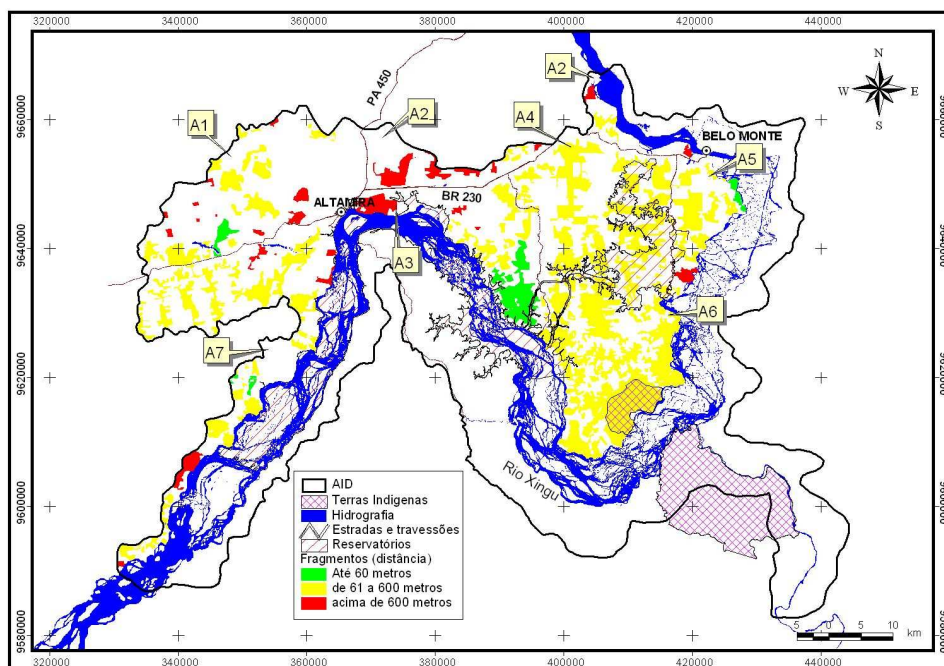


Figura 12 - Distribuição dos fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu em relação às classes de distância ao vizinho mais próximo.

Índice de forma

O índice de forma aplicado aos fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu dentro do limites da Área de Influência do AHE Belo Monte formado por 151 fragmentos florestais foi subordinado às classes de tamanho dos fragmentos florestais e foi aplicado somente nos fragmentos das classes 2 (100 a 999 hectares) 3 (1.000 a 2.499 hectares) e 4 (2.500 e 9.999 hectares).

Os fragmentos da classe 1 (menores que 100 hectares) são pequenos e praticamente são constituídos de bordas; os fragmentos florestais da classe 5 (maiores que 10.000 hectares) tem área suficiente para minimizar o efeito de borda, mesmo com índices de forma alto.

Dos 151 fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu, 56 fragmentos (37% do total) não foram analisados em relação ao índice de forma. Destes, 55 tem tamanhos inferiores a 100 hectares (classe 5), localizados nas áreas de isolamento A1 a A7 e 1 fragmento tem tamanho maior que 10.000 hectares (classe 5), Localizado na área de isolamento A6, sendo que neste fragmento, com mais de 11 mil hectares, esta localizada a Terra Indígena Paquicamba (Figura 13).

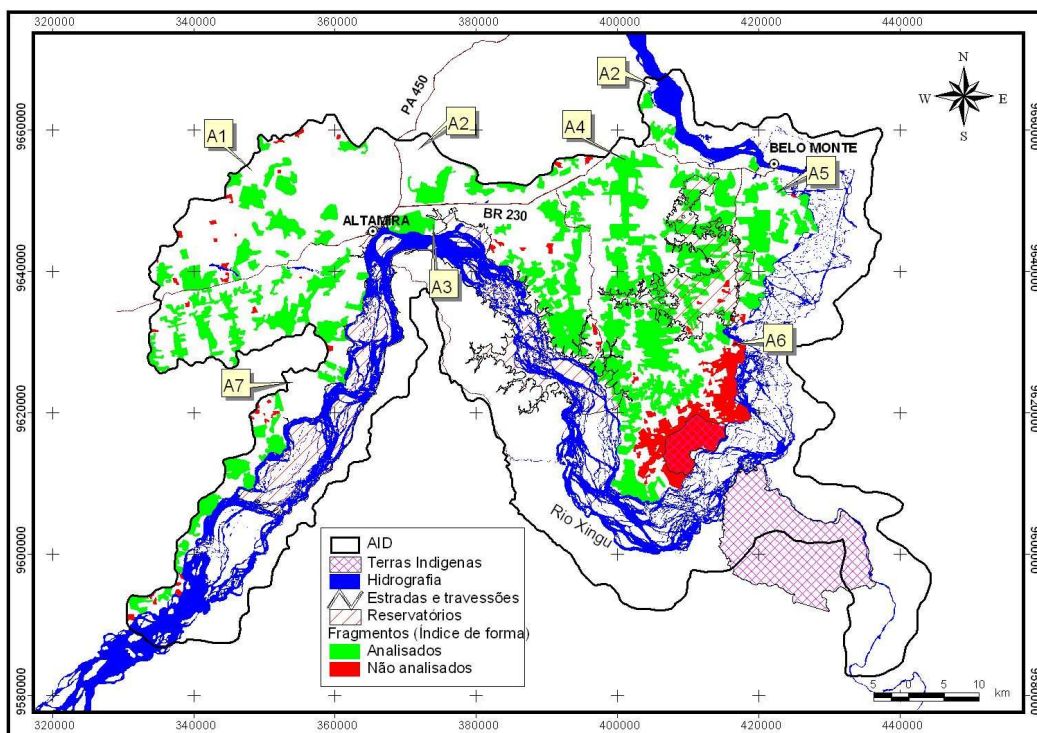


Figura 13 – Fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu divididos em relação ao índice de forma.

Situação atual dos fragmentos da margem esquerda rio Xingu

O diagnóstico dos fragmentos florestais da margem esquerda do rio Xingu com base nas métricas de paisagem aplicadas, relacionadas com o tamanho, índice de forma geométrica e grau de isolamento dos fragmentos florestais, permite as seguintes conclusões:

Atualmente dos 151 fragmentos analisados, 103 fragmentos (68% do total) não são prioritários para a conservação da biodiversidade, pois não tem condições de manter populações viáveis de espécies, portanto, não são recomendados para a soltura de animais que podem ser resgatados no empreendimento (Figura 14).

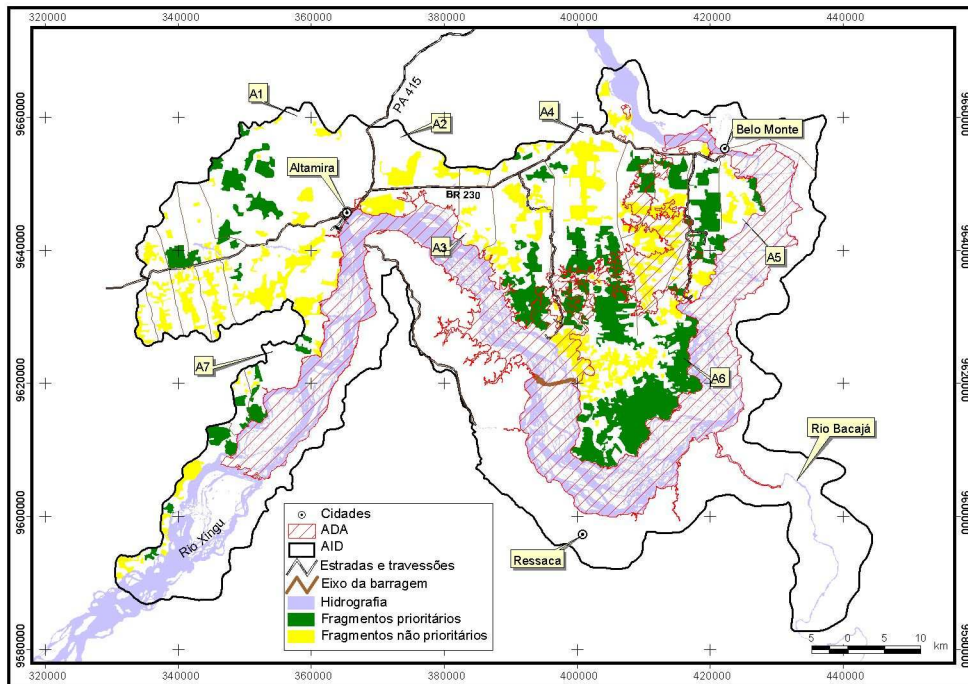


Figura 14 – Fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu divididos em relação ao índice de forma.

Prognóstico com a construção do empreendimento

Com a implantação do empreendimento, o número de fragmentos não prioritários aumentará de 103 para 113 (75% do total), pois 10 fragmentos prioritários serão afetados diretamente com a criação do reservatório dos canais (Figura 15).

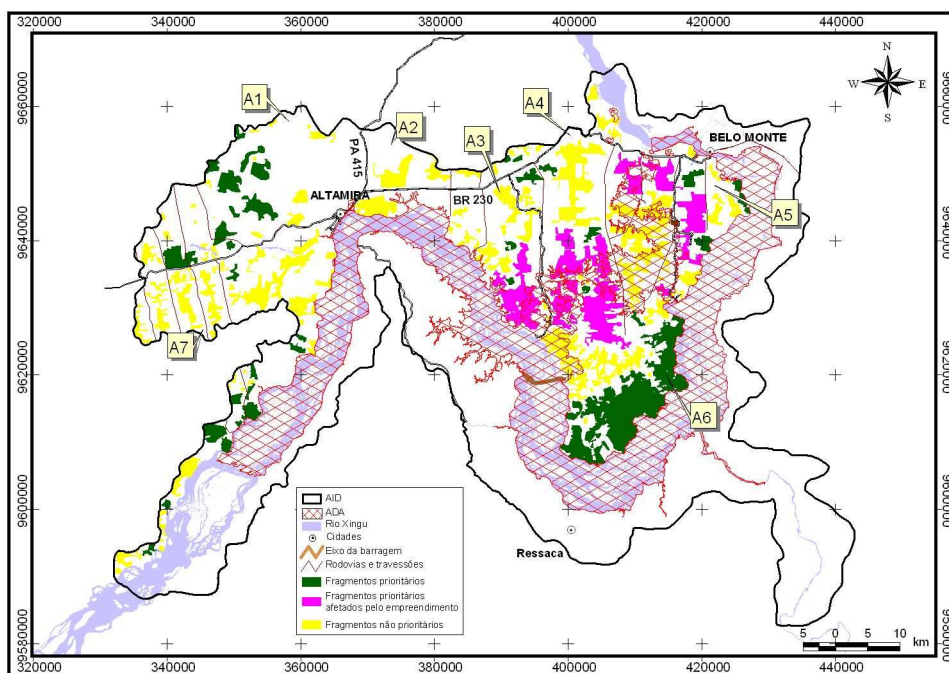


Figura 15 – Fragmentos florestais situados na margem esquerda do rio Xingu divididos em relação ao índice de forma.

Fragmentos florestais ao norte da rodovia transamazônica

Na parte norte da rodovia BR 230 (Transamazônica) os fragmentos florestais foram divididos em duas áreas de isolamento:

- A1, composta por 30 fragmentos florestais, situados a oeste da PA 415, que liga Altamira a Vitória do Xingu.
- A2, composta por 13 fragmentos florestais, situados a leste de a PA 415 até o limite da BR 230 com o rio Xingu.

Na área A1 dos 30 fragmentos florestais, 10 foram considerados prioritários em relação às métricas de paisagem utilizadas: tamanho do fragmento, índice de forma geométrica do fragmento e a distância entre os fragmentos (Figura 16 e Tabela 2).

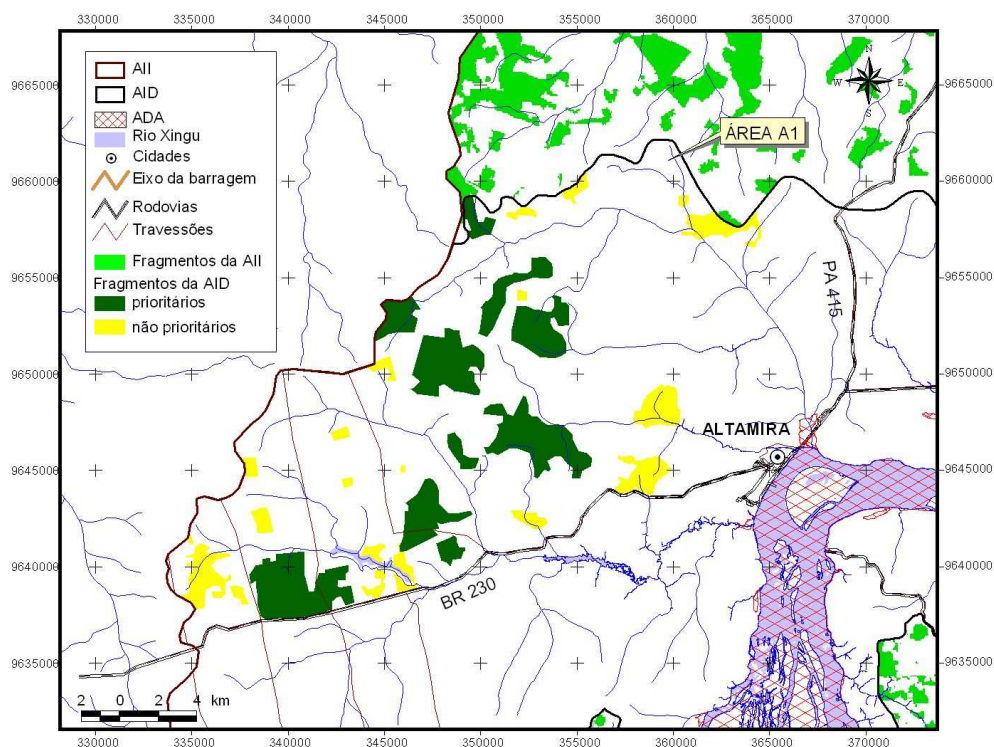


Figura 16 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A1 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Tabela 2 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A1 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

N	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade
1	180	1.54	569	Sim
2	400	1.92	372	Sim
3	640	1.5	286	Sim
4	313	1.39	493	Sim
5	1030	1.93	422	Sim
6	137	1.42	422	Sim
7	590	1.57	0	Sim
8	135	1.24	362	Sim
9	1220	1.67	149	Sim
10	923	1.49	493	Sim
1	349	1.66	1342	Não
2	91	1.52	1627	Não
3	28	1.08	352	Não
4	54	1.63	569	Não
5	27	1.16	286	Não
6	81	1.73	833	Não
7	385	1.19	1488	Não
8	46	1.16	2024	Não
9	67	1.15	1621	Não
10	10	1.15	1066	Não
11	24	1.14	2024	Não
12	103	1.16	1165	Não
13	105	1.31	1164	Não
14	11	1.42	187	Não
15	140	2.23	0	Não
16	439	2.12	187	Não
17	72	1.5	362	Não
18	77	1.81	362	Não
19	50	1.3	241	Não
20	342	2.24	352	Não

Na área A2 dos 13 fragmentos florestais, somente dois fragmentos foram considerados prioritários em relação às métricas de paisagem utilizadas: tamanho do fragmento, índice de forma geométrica do fragmento e a distância entre os fragmentos (Figura 17 e Tabela 3).

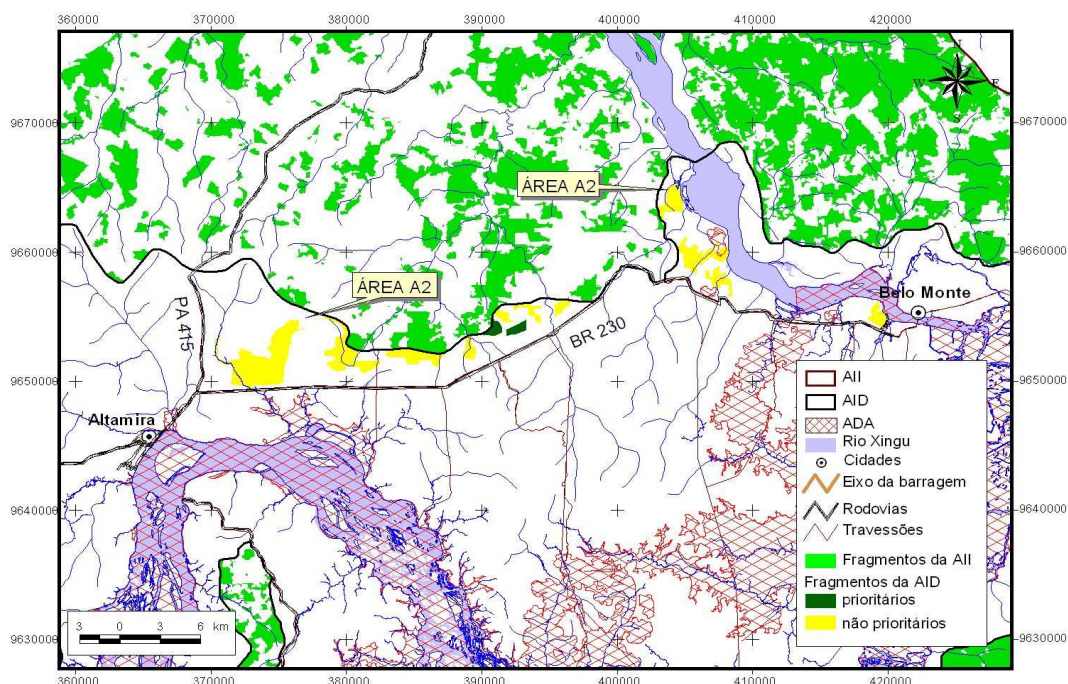


Figura 15 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A1 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Tabela 3 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A2 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

N	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade
1	101	1.32	259	Sim
2	101	1.28	288	Sim
3	293	1.59	1869	Não
4	441	2.19	245	Não
5	186	2.03	245	Não
6	152	1.48	1653	Não
7	1348	2.07	1164	Não
8	89	1.27	901	Não
9	115	2.14	394	Não
10	75	1.45	259	Não
11	595	2.33	612	Não
12	112	1.36	917	Não
13	339	1.7	612	Não

Os fragmentos considerados prioritários em relação das métricas de paisagem nas Áreas 1 e 2 têm sérios problemas de conectividade, pois todos têm pouca probabilidade de conexão, pois a maior parte da vegetação ciliar que poderia ser usada para a criação de corredores de biodiversidade encontra-se destruída (Figura 18).



Figura 18 – Rodovia transamazônica entre as cidades de Altamira e Belo Monte na da AID do AHE Belo Monte, mostrando o elevado grau de antropização da mata ciliar. Um importante elemento para a conectividade dos fragmentos florestais
(Foto: Leandro Ferreira – Museu Goeldi – 2007)

Conclusão

Os fragmentos florestais situados nas regiões A1 e A2 não têm condições de manter populações viáveis de espécies, devido ao seu pequeno tamanho, alto grau do índice de forma e grau de isolamento.

Área A3

Formada por 16 fragmentos florestais, situados na porção sul da rodovia Transamazônica (BR-230) entre a cidade de Altamira e dois ramais da rodovia, conhecidos localmente como travessões km 18 e 27 (Figura 19).

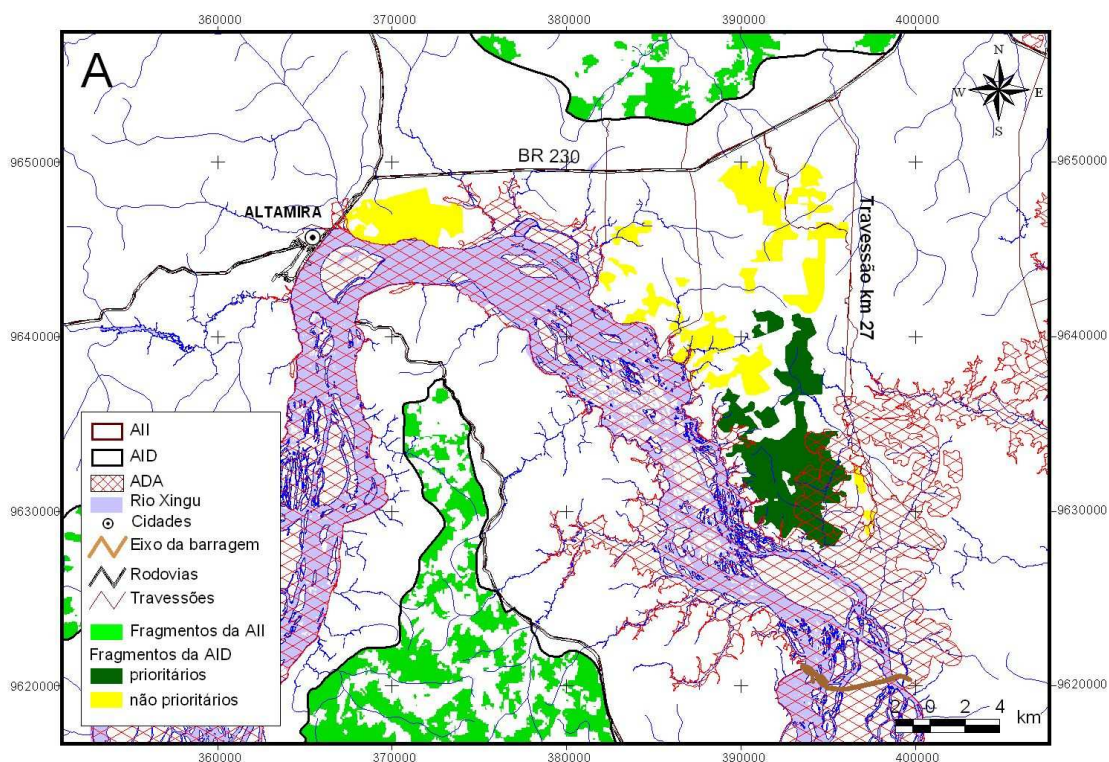


Figura 19 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A3 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Existem três fragmentos prioritários na área A3. Contudo, o maior fragmento, com cerca de 3.9 mil hectares sofrerá impacto resultante de alagamento pela criação do lago do reservatório do rio Xingu e dos Canais, perdendo mais de 35% de sua área original. Os fragmentos remanescentes têm com tamanhos menores que 200 hectares não têm prioridade para a conservação, pois se encontram bastante isolados e cercados por uma matriz formada de pastagens (Tabela 4).

Tabela 4 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A3 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

N	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade	Prognóstico
1	166	1.87	404	Sim	
2	3931	3.34	55	Sim	Não
3	108	1.24	55	Sim	
1	1371	2.98	369	Não	
2	1445	2.04	1164	Não	
3	176	1.8	763	Não	
4	643	2.06	187	Não	
5	58	1.77	443	Não	
6	98	1.31	369	Não	
7	64	1.29	443	Não	
8	31	1.24	969	Não	
9	902	3.5	257	Não	
10	473	2.04	90	Não	
11	76	1.34	151	Não	
12	33	1.23	70	Não	
13	22	1.77	70	Não	

Conclusão

Os fragmentos florestais situados na região A3 não têm condições de manter populações viáveis de espécies, devido ao seu pequeno tamanho, alto grau do índice de forma e grau de isolamento.

Uma exceção é o fragmento 2, definido como não prioritário para a conservação da biodiversidade em longo prazo. Contudo, o mesmo, encontra-se próximo a cidade de Altamira Este fragmento, devido a sua proximidade com a cidade, poderia ser transformado em um *Parque Municipal*, aliando a questão da conservação com a educação ambiental e lazer para a população da cidade, caracterizada pela falta de áreas verdes públicas. Como o mesmo ficará no limite do reservatório do rio Xingu, poderia ser construída uma calçada, por exemplo, dando acesso público do lago do reservatório, com a construção de parques, restaurantes, museus, etc. (Figura 20).



Figura 20 – Imagem de satélite de 2008 mostrando à localização de um fragmento florestal localizado na Área A3 próximo a cidade de Altamira que poderia ser transformado em um Parque Municipal.

Área A4

Formada por 14 fragmentos florestais, situados na porção sul da rodovia transamazônica entre o travessão do km 27 e o km 55 da rodovia Transamazônica (Figura 21).

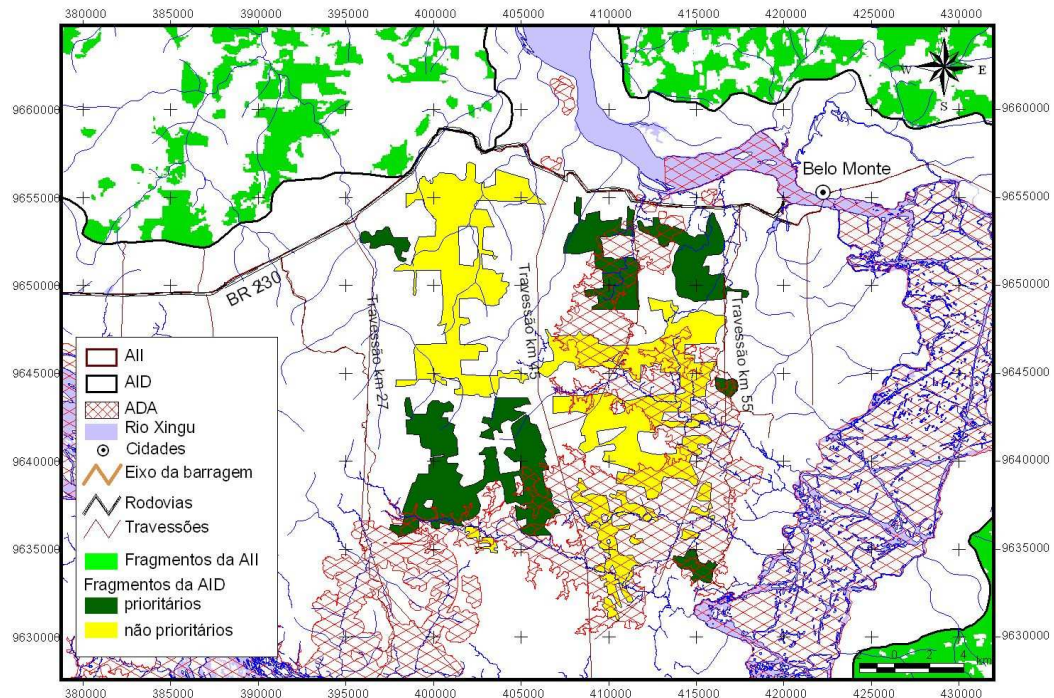


Figura 21 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A4 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Na área A4 existem seis fragmentos com áreas superiores a mil hectares. Contudo, três não foram considerados prioritários para conservação pelas métricas de paisagem usadas neste estudo, pois apresentam elevado índice de forma o que implica em grande impacto do efeito de borda o que diminui a capacidade dos mesmos em ter uma área nuclear (inalterada pelo efeito de borda), diminuindo sua capacidade de manter populações viáveis de espécies (Tabela 5).

Dos três fragmentos considerados prioritários para a conservação, dois sofreram impactos de alagamento pela formação do reservatório dos canais, deixando, portanto, de ser prioritários para a conservação.

Tabela 5 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A4 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

N	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade	Prognóstico
1	1286	2.46	246	Sim	Não
2	1217	2.16	84	Sim	Não
3	234	1.8	112	Sim	
4	103	1.12	301	Sim	
5	301	1.94	80	Sim	
6	3286	3.35	62	Sim	Não
7	235	1.53	110	Sim	Não
1	4051	3.84	86	Não	
2	4752	4.00	241	Não	
3	1028	3.63	98	Não	
4	70	1.13	85	Não	
5	49	2.03	85	Não	
6	108	2.6	62	Não	
7	42	1.26	590	Não	
8	26	1.34	377	Não	
9	63	1.55	98	Não	

Para aumentar a viabilidade de alguns fragmentos poderia ser proposta na Área A4 a conectividade entre fragmentos de floresta o que aumentaria sua capacidade para manter populações viáveis, através de um sistema de meta-populações pela troca gênica de populações entre os fragmentos florestais (Figura 21).

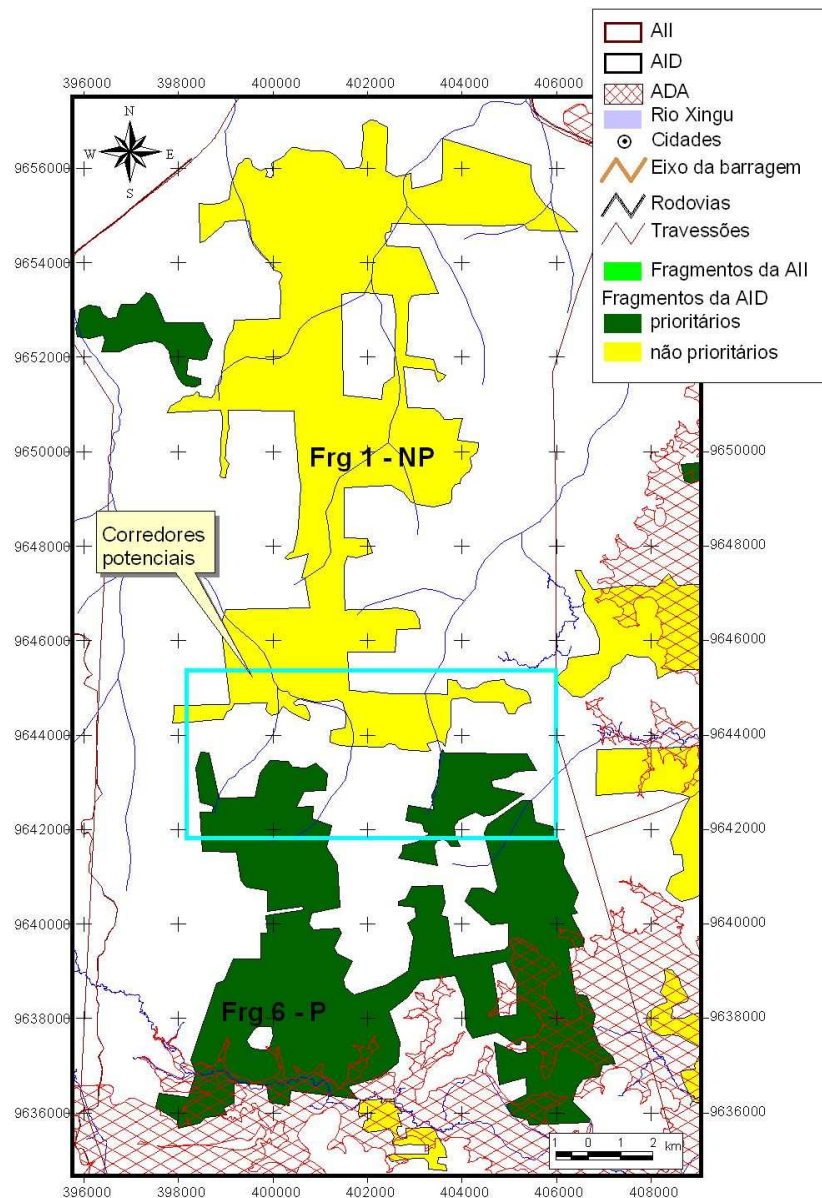


Figura 21 – Exemplo de corredores de biodiversidade a mata ciliar dos igarapés que permitiria o aumento do fluxo gênico entre fragmentos florestais isolados.

Diferentes autores relatam que a manutenção ou construção de corredores de fauna (ou de biodiversidade) são importantes medidas mitigadoras para manter a conectividade entre fragmentos florestais (NG *et al*, 2004).

Na AID do AHE Belo Monte as matas ciliares associadas aos igarapés são protegidas por lei federal, pois constituem as Áreas de Preservação Permanente (APPs), sendo as melhores alternativas para a passagem dos animais e manutenção dos fluxos biológicos na região (Figura 22).



Figura 22 – Imagem de satélite mostrando dos fragmentos florestais da Área A4 que poderiam ser conectados através da mata ciliar dos igarapés, o que permitiria o aumento do fluxo gênico entre fragmentos florestais isolados.

Conclusão

Os fragmentos florestais situados na região A4 não têm condições de manter populações viáveis de espécies, devido ao seu pequeno tamanho, alto grau do índice de forma e grau de isolamento. Contudo, alguns fragmentos podem ser viabilizados com a criação de corredores de biodiversidade.

Área A5

Formada por 12 fragmentos florestais situados na porção sul da rodovia transamazônica entre o travessão do km 55 e o km 62 da rodovia Transamazônica (Figura 23).

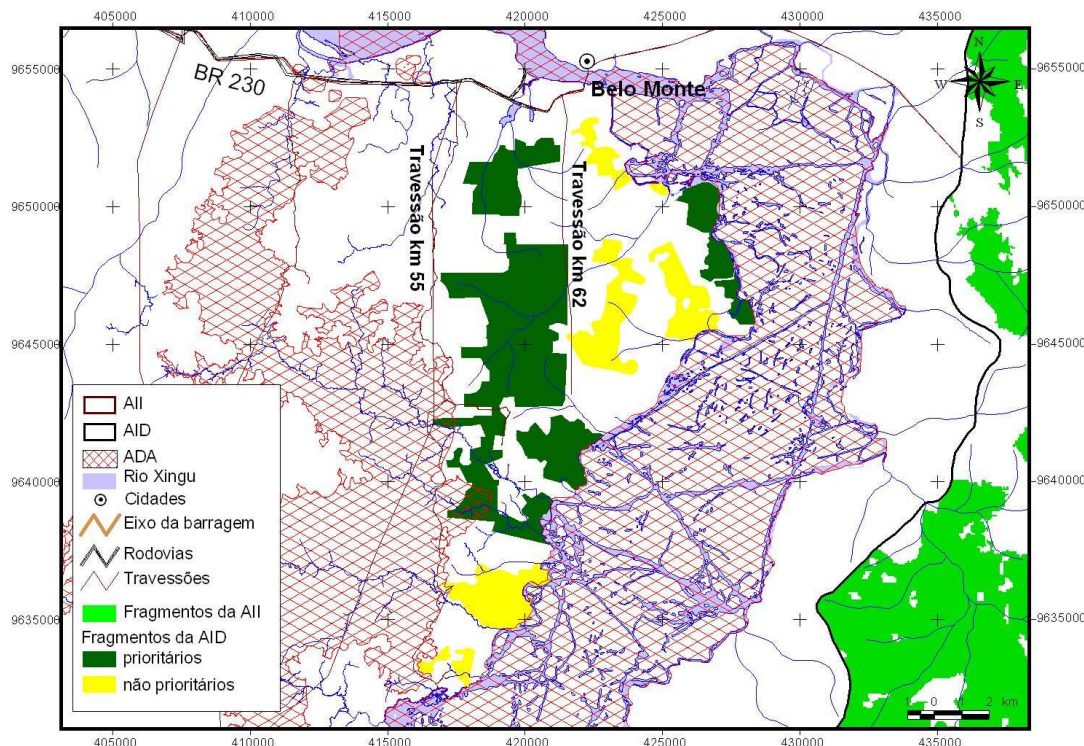


Figura 23 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A5 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Dos 12 fragmentos, cinco fragmentos são prioritários para a conservação segundo as métricas usadas neste estudo (Tabela 6). Neste caso sugerimos a criação de três corredores de biodiversidade, que conectarão estes fragmentos permitindo que as populações isoladas em cada fragmento possam funcionar como meta-população.

Este conceito é importante a fim de manter a diversidade genética das espécies nos fragmentos, pois perda de diversidade genética das espécies é um dos principais fatores que pode reduzir o tamanho populacional ou eliminar populações locais (HALL *et al.* 1994).

Conclusão

Os fragmentos florestais situados na região A5 não têm condições de manter populações viáveis de espécies, devido ao seu pequeno tamanho, alto grau do índice de forma e grau de isolamento. Contudo, alguns fragmentos podem ser viabilizados com a criação de corredores de biodiversidade.

Tabela 6 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A5 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

IN	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade	Prognóstico
1	518	1.58	84	Sim	
2	328	1.8	0	Sim	
3	2517	3.04	238	Sim	Não
4	113	1.72	0	Sim	
5	457	1.54	325	Sim	
1	179	2.26	580	Não	
2	24	1.15	316	Não	
3	546	2.21	238	Não	
4	388	2.06	246	Não	
5	542	1.72	630	Não	
6	43	1.63	110	Não	
7	72	1.55	153	Não	

Área A6

Formada por 18 fragmentos florestais, sendo que no maior deles com mais de 11 mil hectares de tamanho, está inserida a Terra Indígena do Paquiçamba (Figura 24).

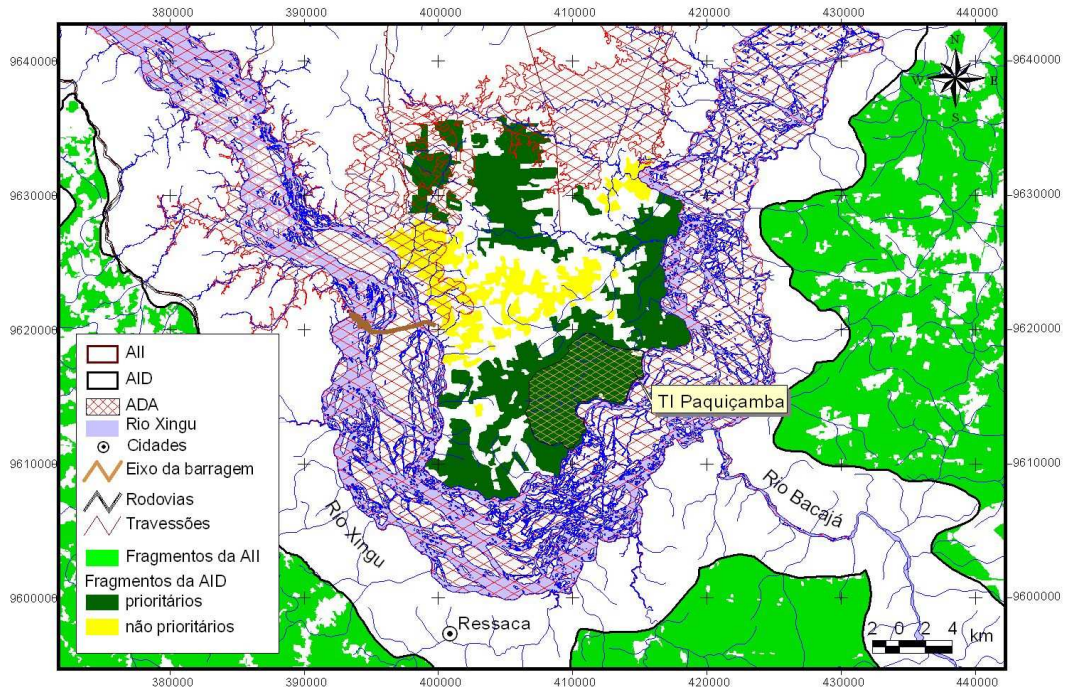


Figura 24 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A6 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Na Área 6 encontram-se os fragmentos com as melhores condições de tamanho e baixo grau de isolamento, na volta grande rio Xingu, devido a maior distância destes da rodovia Transamazônica. Nesta área, os 5 fragmentos com mais de 1.000 hectares de tamanho representam cerca de 23 mil hectares e totalizam cerca de 92% do total de fragmentos (Tabela 7).

Tabela 7 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A6 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

N	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade	Prognóstico
1	3978	3.46	122	Sim	sim
2	354	1.25	86	Sim	sim
3	1322	2.34	134	Sim	sim
4	111	1.49	243	Sim	
5	169	1.69	155	Sim	
6	110	1.76	271	Sim	sim
7	11469	4.53	65	Sim	
8	384	1.85	79	Sim	
9	1781	2.41	75	Sim	
1	639	2.63	135	Não	
2	4981	6.12	65	Não	
3	14	1.09	111	Não	
4	58	1.43	111	Não	
5	34	1.24	286	Não	
6	34	1.3	114	Não	
7	99	1.37	150	Não	
8	27	1.18	306	Não	
9	46	1.21	139	Não	

Contudo, dos cinco fragmentos florestais com mais de 1000 hectares, 2 fragmentos sofrerão impactos diretos pelo alagamento do reservatório dos canais (Figura 24).

Outro impacto que ocorrerá em alguns fragmentos será a retirada de solo para a construção do reservatório dos canais e ainda serão regiões de depósito de solo, denominados tecnicamente de “bota-fora”, do empreendimento do AHE Belo Monte.

Existe um grande potencial de conectividade entre os fragmentos florestais da região A6, devido a grande proximidade entre os mesmos. São sugeridos cinco corredores de biodiversidade que conectarão todos os cinco fragmentos de mais de 1.000 hectares, formando um mega-fragmento de mais de 23 mil hectares, um tamanho ideal para a manutenção de metas-população.

Conclusão

Os fragmentos florestais situados na região A6 têm condições de manter populações viáveis de espécies. Contudo, alguns fragmentos podem ser viabilizados com a criação de corredores de biodiversidade.

Área A7

Formada por 45 fragmentos florestais, sendo somente 11 fragmentos (24% do total) são considerados prioritários para a conservação da biodiversidade segundo as métricas usadas neste estudo (Figura 25).

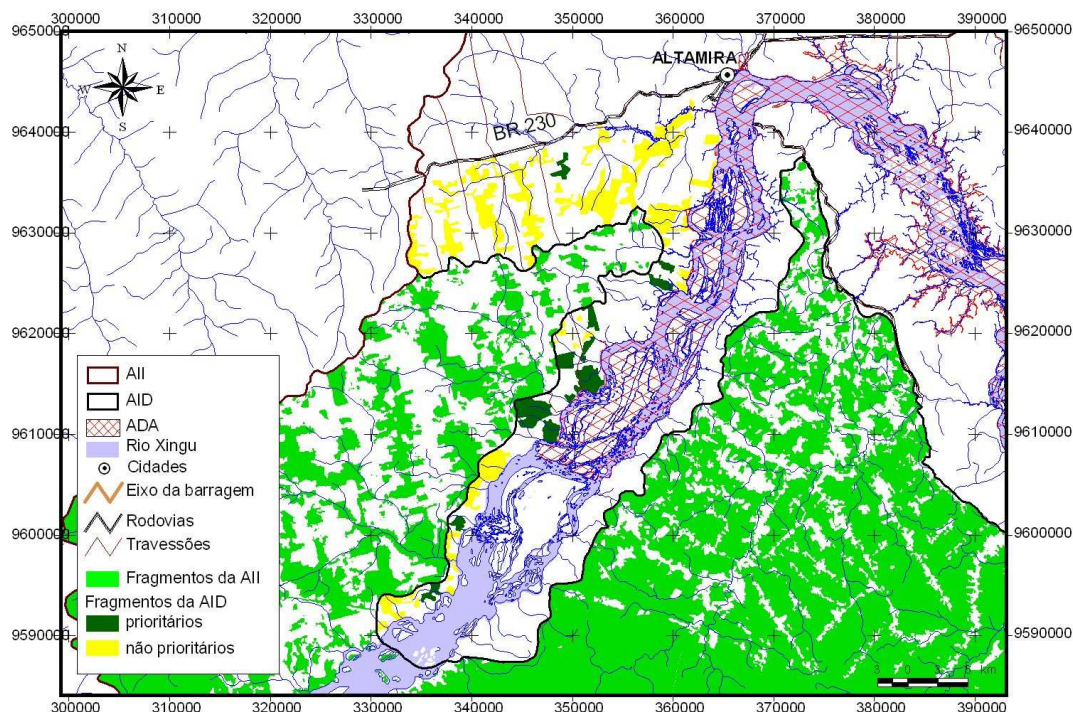


Figura 25 – Grau de prioridade dos fragmentos florestais localizados na região A7 na AID do AHE Belo Monte em relação às métricas de paisagem analisadas neste estudo.

Contudo, a área total destes fragmentos variou de 114 a 690 hectares, considerados pequenas para manter populações viáveis de espécies de médio e grande porte de animais (Tabela 8).

O grande número de fragmentos florestais com tamanhos pequenos é resultado do processo de desmatamento ao longo da rodovia transamazônica e seus travessões, sendo este fenômeno denominado de espinha de peixe, resultado do processo de ocupação que começa pela estrada principal e segue pelos ramais (Figura 23).

Conclusão

Os fragmentos florestais situados na região A7 não têm condições de manter populações viáveis de espécies.

Tabela 8 – Prioridade de conservação dos fragmentos localizados na região A7 na margem esquerda do rio Xingu, baseado no tamanho, índice de forma e distância dos fragmentos florestais.

N	Tamanho (ha)	Índice de forma	Distância (metros)	Prioridade
1	114	1.32	243	Sim
2	219	1.65	251	Sim
3	196	1.82	108	Sim
4	136	1.79	43	Sim
5	269	1.22	104	Sim
6	690	1.91	260	Sim
7	783	1.36	101	Sim
8	337	1.24	101	Sim
9	153	1.57	171	Sim
10	198	1.94	70	Sim
11	208	1.96	242	Sim
1	3184	4.17	563	Não
2	131	1.4	1640	Não
3	237	2.22	1201	Não
4	968	2.32	337	Não
5	65	1.16	337	Não
6	200	2.21	243	Não
7	26	1.05	518	Não
8	28	1.35	145	Não
9	64	1.37	0	Não
10	55	1.53	43	Não
11	8	1.16	377	Não
12	25	1.56	0	Não
13	29	1.44	104	Não
14	1019	1.91	1022	Não
15	243	2.05	124	Não
16	31	1.68	124	Não
17	38	1.17	476	Não
18	63	1.25	70	Não
19	51	1.68	98	Não
20	414	2.01	98	Não
21	41	1.23	148	Não
22	88	1.36	641	Não
23	290	2.6	1062	Não
24	10	1.16	754	Não
25	167	2.62	242	Não
26	1519	4.47	149	Não
27	42	1.21	184	Não
28	182	2.35	198	Não
29	55	1.31	361	Não
30	950	2.62	351	Não
31	203	3.13	119	Não
32	41	1.61	122	Não
33	468	2.12	119	Não
34	480	2.9	122	Não

Fragmentos da margem direita do rio Xingu

Em um primeiro momento foi realizada uma análise dos fragmentos da margem direita do rio Xingu usando as mesmas métricas de paisagem analisadas na margem esquerda.

Os fragmentos florestais identificados na Área de Influência Direta (AID) deste estudo foram obtidos pela interpretação conduzida diretamente sobre as imagens de satélite, fornecidas pela Leme Engenharia coordenadora do EIA/RIMA – Componente biótico (ÁVILA 2007).

Nesta análise foram identificados 69 fragmentos florestais na margem direita do na Área de Influência Direta (AID) do AHE Belo Monte (Figura 27).

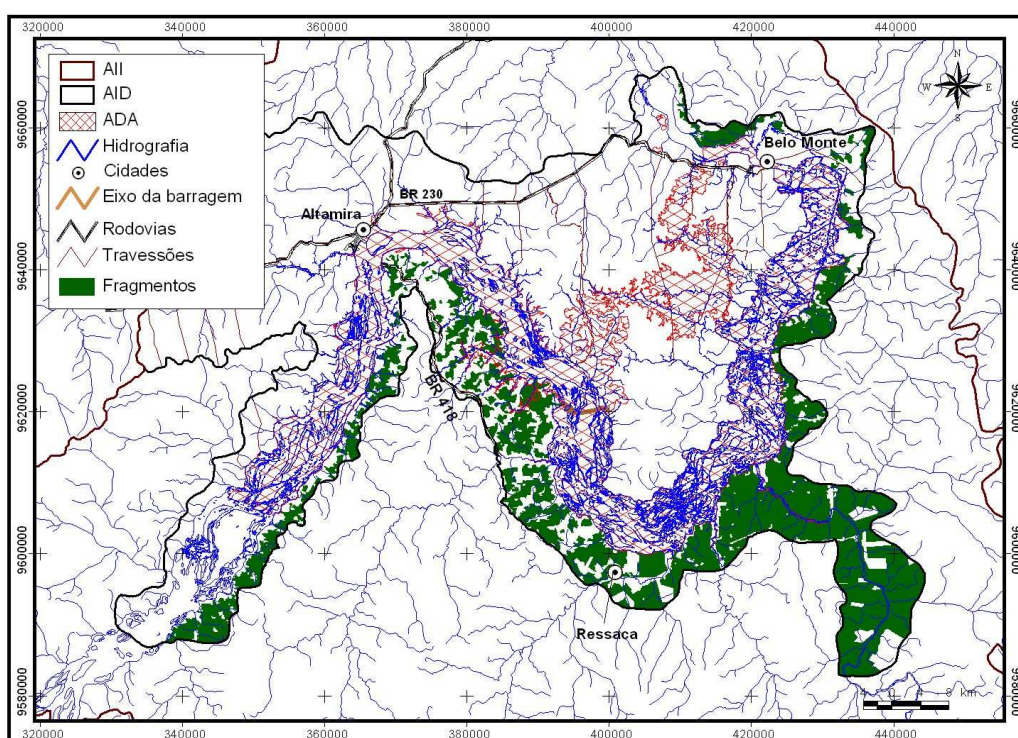


Figura 27 – Localização dos fragmentos florestais situados na margem direita do rio Xingu na AID do AHE Belo Monte.

A principal limitação em considerar os fragmentos da margem direita do rio Xingu nos limites da AID do AHE Belo Monte é que a maioria dos mesmos foi gerada pelo limite da AID e não pelo processo de fragmentação resultante do desmatamento na região. Desta forma, podemos dizer que estes fragmentos foram criados “artificialmente”.

Isto fica bastante claro, quando comparamos os fragmentos classificados usando como limite a AID do AHE Belo Monte (Ávila 2007) com os fragmentos classificados pelo PRODES (INPE 2007) demonstrando que dos 69 fragmentos identificados na AID do

AHE Belo Monte, 33 fragmentos foram criados artificialmente pelo limite da AID (Figura 28).

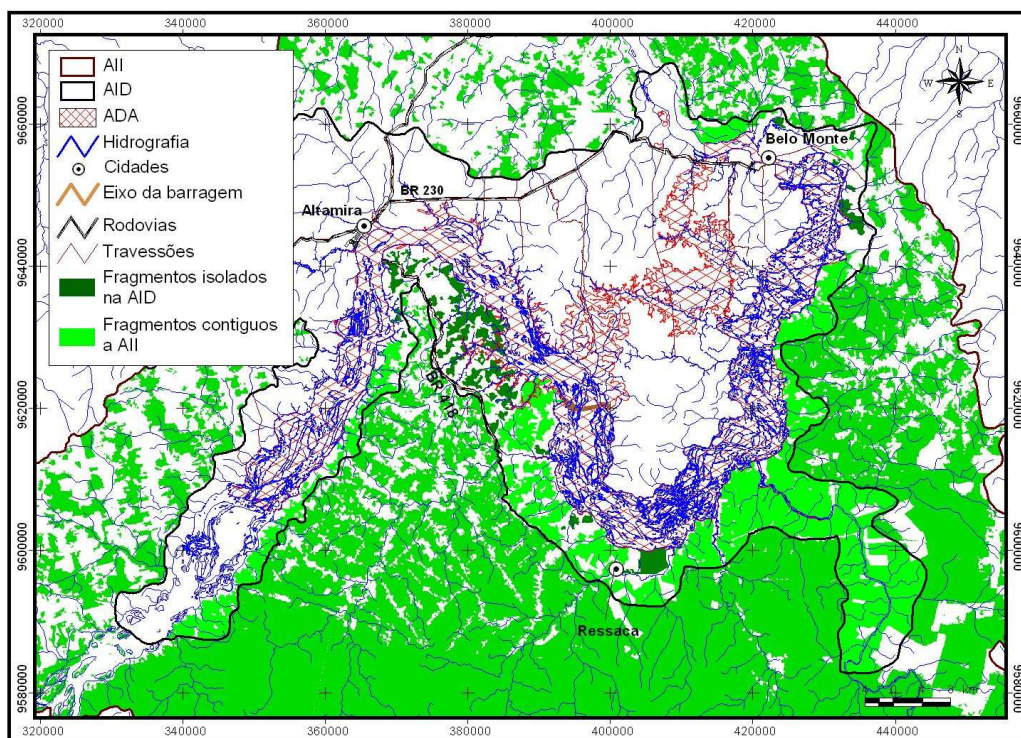


Figura 28 – Localização dos fragmentos florestais situados na margem direita do rio Xingu na AID e na AII do AHE Belo Monte.

Na margem direita do rio Xingu a situação de ocupação humana é bem distinta do que na margem esquerda, onde a ocupação histórica da rodovia Transamazônica provocou uma grande fragmentação da paisagem devido às atividades econômicas principalmente ligadas a agricultura, pecuária e extração de madeira.

Na margem direita duas regiões merecem destaque devido ao processo de ocupação, uma está situada ao longo da rodovia transassunini (BR 418) (Figura 25).

Atualmente a região já apresenta um claro padrão de ocupação ao longo da estrada com grande proporção de desflorestamento nos primeiros quilômetros. Com a implantação do empreendimento do AHE Belo Monte, espera-se um aumento do processo de fragmentação da floresta ao longo da estrada, pois existe a probabilidade de melhoria da rodovia para facilitar o acesso ao local onde está prevista a construção da barragem do empreendimento.

Isto tem profundo impacto com a conservação destes fragmentos em longo prazo, pois diversos estudos realizados na Amazônia têm demonstrado que os primeiros quilômetros ao longo das rodovias têm maior proporção de área desflorestada, diminuindo exponencialmente com a distância (Figura 29).

Estes padrões também foram obtidos em outros estudos para o bioma Amazônia. LAURANCE *et al.* (2001) e NEPSTAD *et al.* (2001) que demonstraram que três quartos dos desmatamentos entre 1978 e 1994 ocorreram dentro de uma faixa de 100 km de largura ao longo das rodovias BR 010 (Belém-Brasília), BR 364 (Cuiabá-Porto Velho) e PA 150 e FERREIRA e MARINS (2007) do Plano de Controle Ambiental (PCA) da Rodovia BR 163.

Desta forma, a fim de evitar o aumento do impacto do empreendimento nos fragmentos desta região, deve-se dar atenção especial a obras de melhoria da infraestrutura da estrada que não devem estar localizadas em áreas de vegetação nativa ou próxima de mananciais hídricos. As vias de acesso a serem construídas pelo empreendimento (se houver) também devem evitar os fragmentos de florestas remanescentes. Recomenda-se também a colocação de avisos de placas educativas distribuídas ao longo de todo o trajeto da rodovia, principalmente no que se refere à retirada de espécies vegetais, trânsito de animais silvestres e prática de queimadas.

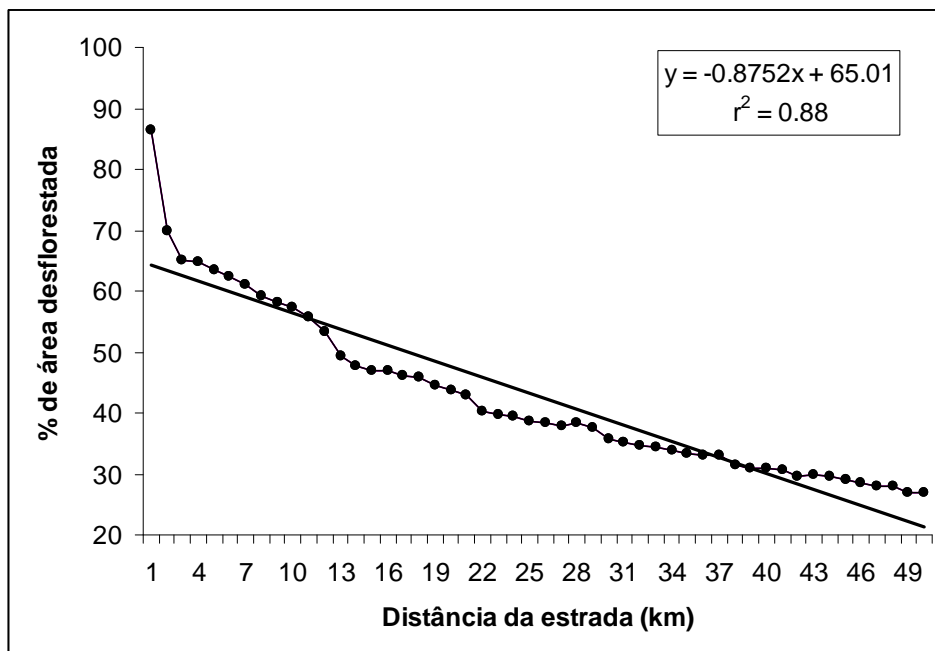


Figura 29 - Proporção da área desflorestada em relação à distância de 50 km de cada lado da rodovia na área de influência direta da BR 230 entre as cidades de Rurópolis e Palestina do Pará.

Outro processo de ocupação que já ocorre na área é a existência de diversos lotes demarcados pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) que podem ser definitivamente implantados com a melhoria da rodovia, acarretando uma maior pressão humana nos fragmentos remanescentes (Figura 30).

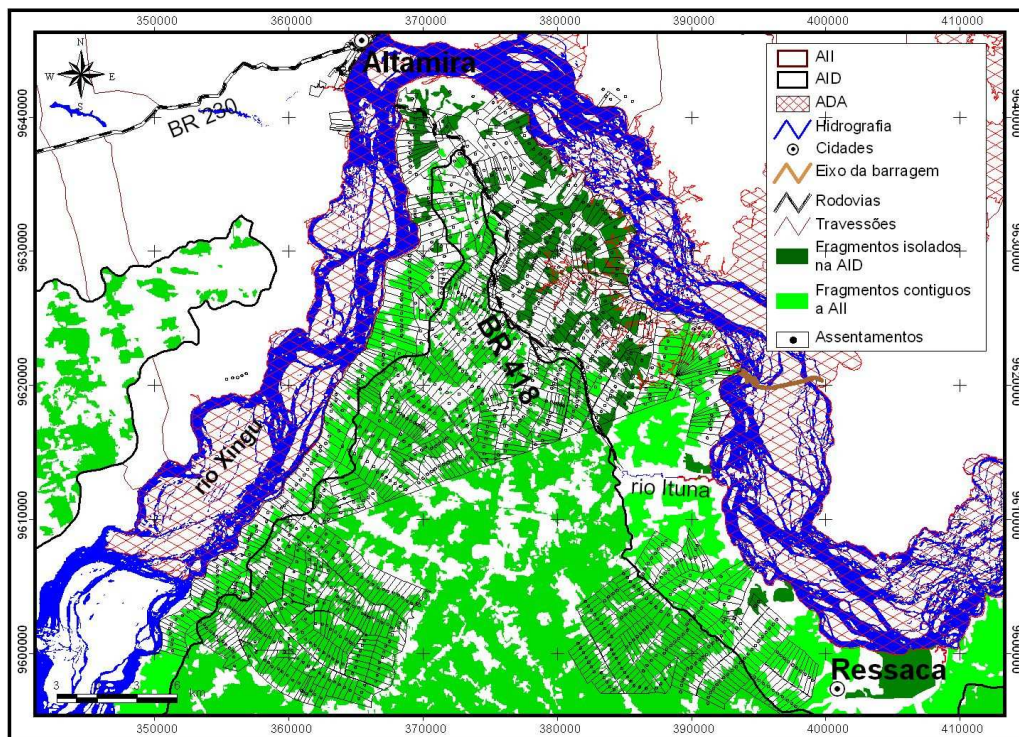


Figura 30 – Sobreposição dos fragmentos florestais na AII e AID do AHE Belo Monte na margem direita do rio Xingu em relação aos assentamentos do Incra ao longo da rodovia transassunini até a vila do garimpo da Ressaca na volta grande rio Rio Xingu.

Uma solução para diminuir o desmatamento será o controle dos assentamentos pelo INCRA em nível federal e ITERPA em nível estadual. Desta forma, recomenda-se a criação de um programa de monitoramento de perda da vegetação nesta região, ainda caracterizada pela grande quantidade de fragmentos florestais de grandes tamanhos e pouco isolados, portanto, um conjunto ideal para a manutenção de populações viáveis da flora e fauna e locais propícios para a soltura de animais que serão deslocados com a construção do empreendimento.

Uma das regiões mais importantes em termos de conservação da biodiversidade na margem direita do rio Xingu está localizada a leste da localidade do garimpo da ressaca, precisamente a partir da margem esquerda do rio Bacajai (Figura 28).

Nesta região encontramos grandes blocos contínuos de floresta e também a maior área protegida na AID do AHE Belo Monte, a Terra Indígena Arara Volta Grande com 254 mil hectares (Figura 31).

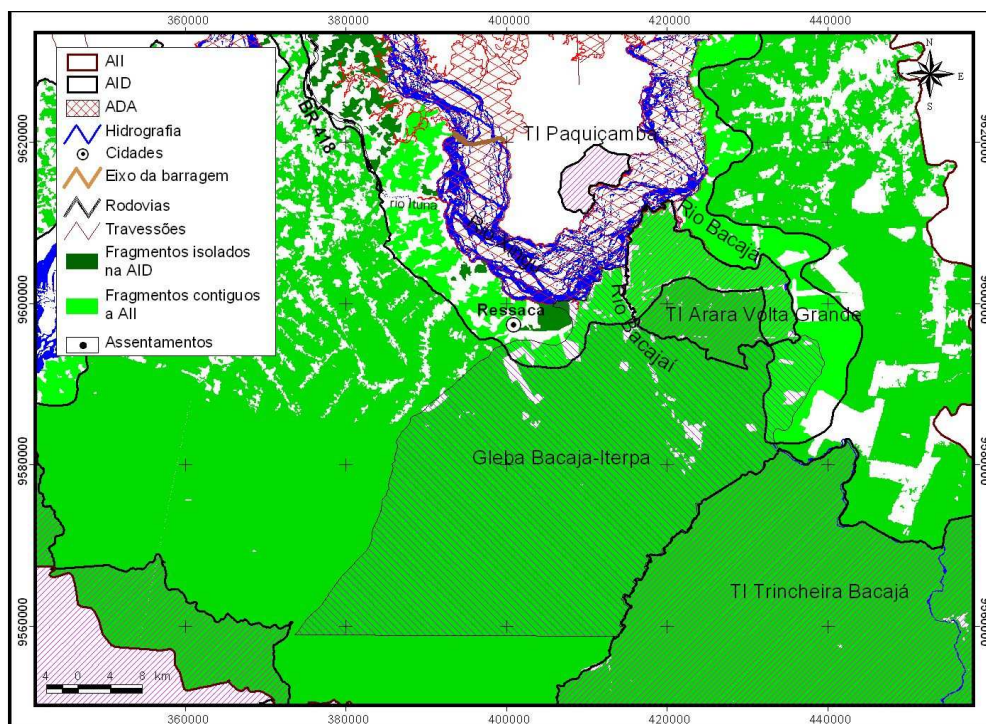


Figura 31 – Sobreposição dos fragmentos florestais na AII e AID do AHE Belo Monte na margem direita do rio Xingu em relação a Terra Indígena Arara Volta Grande incluída na AID e o polígono do Iterpa Gleba Bacajá.

Fragmentos florestais incluídos em áreas protegidas são fundamentais para a conservação da biodiversidade, pois estudos têm demonstrado a importância que unidades de conservação e terras indígenas têm na contenção do desflorestamento na Amazônia.

Ferreira *et al.* (2005) demonstraram que a proporção de área desflorestada, dentro das Unidades de Conservação (Proteção Integral, Uso Sustentável e Terras Indígenas), nos estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia, variaram de 1,5 a 4,7%, enquanto a proporção de desflorestamento fora das Unidades de Conservação (Proteção Integral, Uso Sustentável e Terras Indígenas) nestes Estados variou de 29,2% a 48,1%. A diferença do desmatamento dentro ou fora das áreas protegidas variou de aproximadamente 10 vezes nos estados de Mato Grosso e Rondônia a aproximadamente 20 vezes no estado do Pará.

Nepstad *et al.* (2006) utilizaram mapas de uso da terra confeccionados a partir de imagens de satélite entre os anos de 1997 e 2000 e dados de ocorrência de fogo de 1998 para comparar a efetividade das Terras Indígenas, Unidades de Conservação de Proteção Integral, Reservas Extrativistas, e Florestas Nacionais em conter o desmatamento na Amazônia. Para a medida do efeito "inibidor" foi utilizado a razão entre a taxa de desmatamento para áreas de fora e de dentro do perímetro de cada reserva. Este efeito "inibidor" foi estatisticamente igual entre Terras Indígenas e Unidades de Conservação de Proteção Integral. Contudo, é a localização das Terras Indígenas que as diferencia das demais e aumenta o seu grau de importância para a proteção da floresta.

Isto demonstra claramente a importância que as áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) têm como uma das ferramentas para conter ou diminuir o processo do desflorestamento na Amazônia Legal e também contraria a hipótese generalizada de que estas áreas não estão cumprindo sua função principal na conservação e uso racional dos recursos na região, pelo fato de que muitas não estão ainda implantadas (Sá & Ferreira 2000).

Na região de inserção de Belo Monte, deverão ser levados em consideração os fragmentos fora da Terra Indígenas Arara Volta Grande, situados na margem direita do rio Bacajá, pois segundo informações obtidas na Leme Engenharia e durante das campanhas de campo realizadas em 2007, verificou que esta área tem sido pleiteado para assentamentos da reforma agrária o que levará ao aumento da pressão humana no fragmento florestal e sua conseqüente degradação ambiental. Como este fragmento é um dos mais adequados para a realocação da fauna, seria importante que este processo não fosse consolidado (Figura 31).

dades de Conservação e Terras Indígenas da AII e AID do AHE Belo Monte.

Existem atualmente no entorno da AII do AHE Belo Monte 2 unidades de conservação e 6 Terras Indígenas (Figura 66). Destas, 6 estão parcialmente incluídas dentro da AII, com proporção de área variando de 9.1 a 32.3% e duas Terras Indígenas, TI Paquiçamba e TI Arara Volta Grande, estão totalmente incluídas na AII do AHE Belo Monte (Tabela 8).

Tabela 8 – Nome da área protegida, classe e categoria de manejo, localização, área total, área e proporção de área incluída na AII do AHE Belo Monte.

N	Nome da Área	Manejo	Categoria	Localização	Área (total) (TOTAL)	Área na AII	% Área na AII
1	F.N. Caxiuanã	Uso Sustentável	FLONA	Entorno da AII	322,414	0	0.0
2	R.Ex. Verde para Sempre	Uso Sustentável	RESEX	Parcialmente na AII	1,313,927	424,640	32.3
3	TI Paquiçamba	Terras Indígenas	TI	Dentro da AID	4,134	4,134	100.0
4	TI Arara Volta Grande	Terras Indígenas	TI	Dentro da AID	25,415	25,415	100.0
5	Trincheira Bacaja	Terras Indígenas	TI	Parcialmente na AII	1,651,695	319,568	19.3
6	TI Arara	Terras Indígenas	TI	Parcialmente na AII	275,009	25,120	9.1
7	TI Koatinemo	Terras Indígenas	TI	Parcialmente na AII	387,697	42,086	10.9
8	TI Kararaô	Terras Indígenas	TI	Entorno da AII	330,866	0	0.0
TOTAL					4,311,156	840,964	

A proporção de área ocupada por áreas protegidas na AID e AID do AHE Belo Monte é de cerca de 30% e 6%, respectivamente (Figura 32).

Existe somente uma unidade de conservação de uso sustentável na AII do AHE Belo Monte, a Reserva Extrativista Verde Para Sempre que tem cerca de 30% de sua área na AII. Não existe unidade de conservação de proteção integral na AII do AHE Belo Monte.

Foi instituído pela Lei 9.985 (18/072000), que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, um mecanismo para a compensação ambiental em empreendimentos que geram impactos para contrabalançar o impacto sofrido pelo meio ambiente.

Um destes mecanismos de compensação é a criação de novas unidades de conservação de proteção integral. Desta forma, este estudo sugere a criação de pelo menos três novas unidades de conservação de proteção integral na AII do AHE Belo Monte (Figura 33).

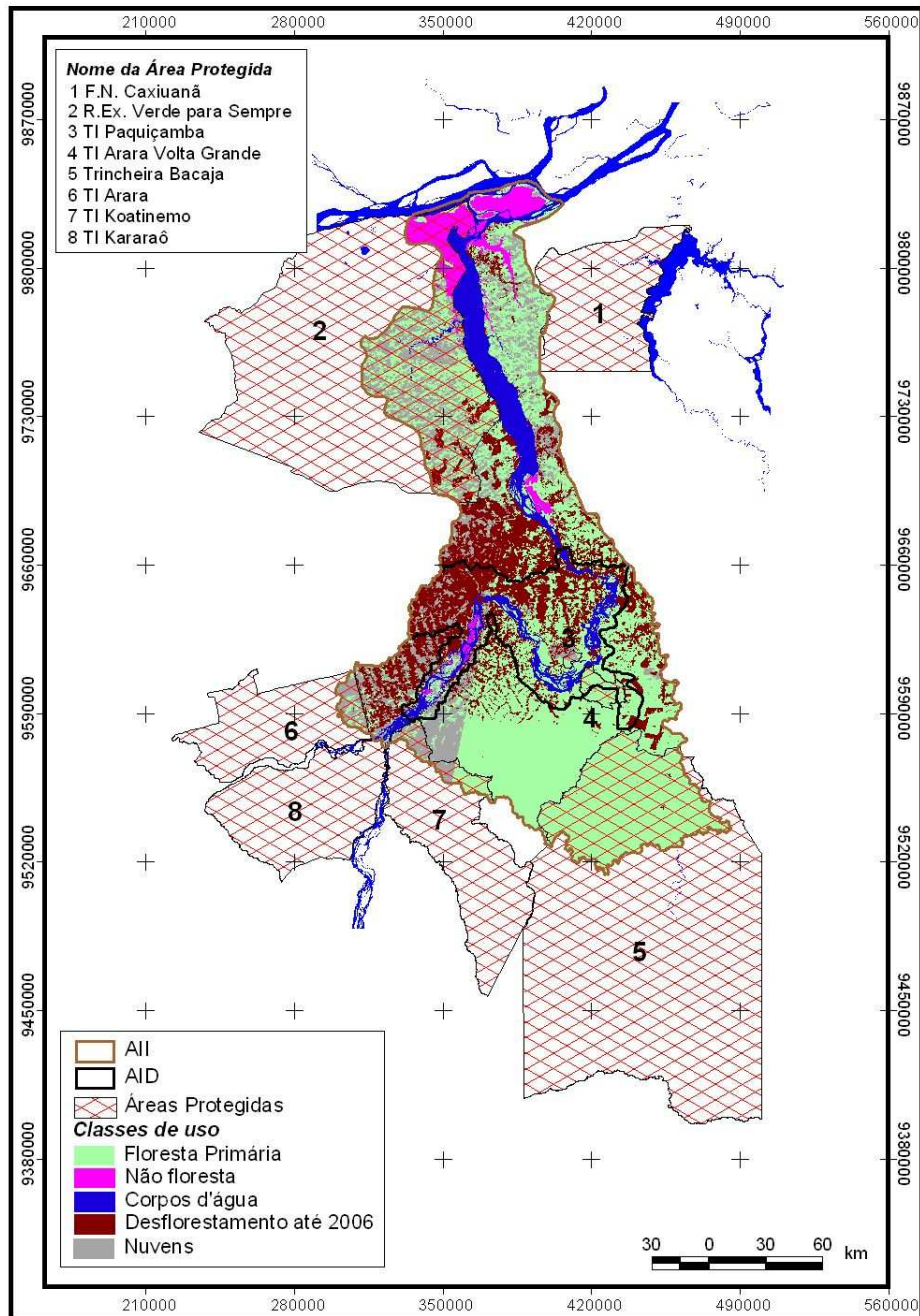


Figura 32 – Áreas protegidas na AII e AID do AHE Belo Monte.

Os critérios para a escolha das áreas proposta para a criação e implantação de novas unidades de conservação de proteção integral foram:

Unidade 1: Esta unidade tem cerca de 83 mil hectares, tem como objetivo inibir a ocupação humana da área da bacia do rio Bacajá, um dos mais importantes afluentes do rio Xingu. Esta nova unidade formará um mosaico com a T.I. Arara da Volta Grande, permitindo a conectividade da fauna e flora nos dois lados do rio Bacajá. Além disto, esta região tem grande potencial para a colonização humana, o que vai aumentar o impacto ambiental na região, destruindo um dos últimos grandes remanescentes florestais ainda intactos na AID do AHE Belo Monte (Figura 33).

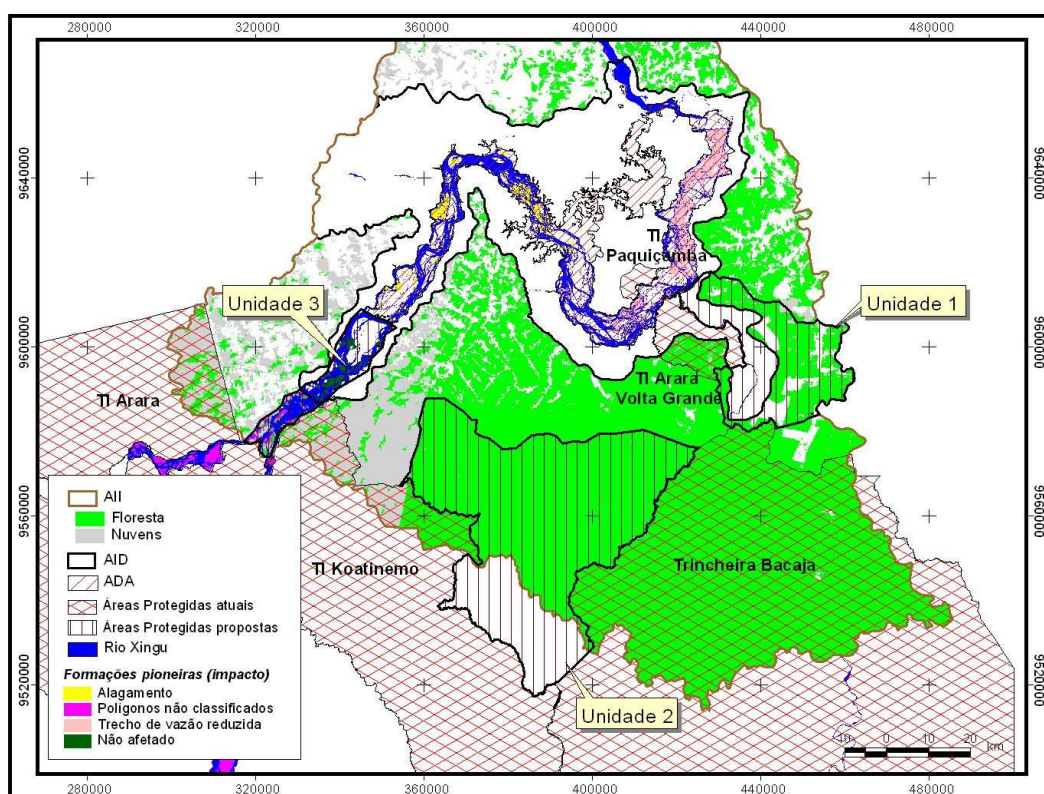


Figura 33 – Localização das três novas unidades de conservação de proteção integral na região da AII do AHE Belo Monte

Unidade 2

A proposta 2 engloba um área de 232 mil hectares e esta localizada do sul da AII do AHE Belo Monte entre as T.I. Koatinemo com cerca de 388 mil hectares e a T.I. Trincheira Bacaja com cerca de 1,6 milhões de hectares, o que formará com bloco contínuo de florestas bem conservadas com mais de 2.2 milhões de hectares qual seria a categoria de manejo.

Peres (2005) argumenta que representações geográficas abrangentes de comunidades de espécies só são obtidas na Amazônia em grandes unidades de conservação, pois estas unidades são as unidas que tem capacidade de funcionar como unidades evolutivas de populações viáveis de espécies em longo prazo.

Unidade 3

A criação desta unidade justifica-se, pois será o único trecho de formações pioneiras não afetadas pelo empreendimento do AHE Belo Monte, e, portanto, deve ser preservado, pois é atualmente o único local remanescente deste tipo de vegetação na AII do rio Xingu, pois os polígonos localizados na fora da AID e da AII não foram ainda classificados.

CONCLUSÕES

- Houve um aumento significativo do desflorestamento nas Áreas de Influência Indireta (AII) e Direta (AID) do AHE Belo Monte, entre os anos 1997 e 2006.
- Foram identificadas sete áreas de isolamento na margem esquerda do rio Xingu na AID do AHE Belo Monte em relação ao cenário atual representado pelas estradas, ramais e posição na margem do rio Xingu e cenários futuros resultantes da provável construção dos reservatórios do rio Xingu e dos Canais.
- Na AID do AHE Belo Monte, a margem esquerda do rio Xingu, tem 151 fragmentos que ocupam 34.5% de sua área total.
- Na AID do AHE Belo Monte, a construção do reservatório dos canais (incluindo os canais de derivação) contribuirá para aumentar o grau de isolamentos dos fragmentos florestais na margem esquerda do rio Xingu.
- Na AID do AHE Belo Monte, em relação ao tamanho, forma e grau de isolamento, os fragmentos florestais situados ao norte da rodovia BR 230 (Transamazônica) não são prioritários para a conservação da biodiversidade, conectividade e locais prováveis para a soltura de animais
- Na AID do AHE Belo Monte, na margem esquerda do rio Xingu os fragmentos com mais de 1.000 hectares das nas Áreas A1 e A7, são adequados para a conservação da biodiversidade, desde que conectados pela criação de corredores de biodiversidade, pois tem capacidade de manter populações viáveis de espécies.
- Na AID do AHE Belo Monte, na margem esquerda do rio Xingu, a Área 6, onde se situa-se a T.I. do Paquiçamba é a mais importante e com maior potencial para a conservação, conectividade e locais prováveis para a soltura de animais.
- Na AID do AHE Belo Monte, na margem direita do rio Xingu, a região onde se situa a T.I. da Volta Grande é a mais importante e com maior potencial para a conservação, conectividade e locais prováveis para a soltura de animais.
- A proporção de área ocupada por unidades de conservação e terras indígenas na AID do AHE Belo Monte é muito baixa, cerca de 3%.
- Não existe nenhuma unidade de conservação de proteção integral da AID do AHE Belo Monte.
- Recomenda-se como compensação ambiental do empreendimento AHE Belo Monte a criação pelo menos três unidades de conservação de proteção integral.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, 89 p.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. de MORISSON; SOARES, J. V. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. INPE, São José dos Campos, set/2006.

ELETROBRÁS, 1990. **Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico 1991/93** (PDMA). Rio de Janeiro.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2006. **Arc GIS**. The Geographic Information System for Everyone.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. London: Chapman & Hall Ltd, 1998.

FEARNSIDE, P. M. 2002. Avança Brasil: Environmental and Social Consequences of Brazil's Planned Infrastructure in Amazônia. **Environmental Management** 30(6): 735-47.

FERREIRA, L. V. e LAURANCE, W. F. 1997. Effects of Forest Fragmentation on Mortality and Damage of Selected Trees in Central Amazonia. **Conservation Biology** 11(3): 797-801.

FERREIRA, L.V. e STOHLGREN, T. J. 1999. Effects of river level fluctuation on plant species richness, diversity, and distribution in a floodplain forest in central Amazonia. **Oecologia** 120 (4): 582-587.

FERREIRA, L. V., VENTICINQUE, E., e ALMEIDA, S. 2005. O Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados** 19:53.

FORMAN, R. T.T. 1995. **Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions**. Cambridge, Cambridge University Press.

FORMAN, R.T.T., GODRON, M. **Landscape ecology**. USA : John Wiley & Sons, Inc., 1986.

HERRMANN, B.C., RODRIGUES, E. e LIMA, A. 2005. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. **Floresta**. 35 (1):13-22.

GASCON, C.; LOVEJOY, T.; BIERREGAARD, R.O.;MALCOLM, J.R.; STOUFFER, P.C.; VASCONCELOS, H.L.; LAURANCE, W.F.; ZIMMERMAN, B.; TOCHER, M.;BORGES, S. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation** 91: 223-229.

INPE 2007. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite Projeto Prodes** (www.dpi.inpe.br/prodesdigital).

JUNK, W. J. 1989. **Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains**. En: Holm-Nielsen, L. B., Nielsen, I. C. e Balslev, H. (eds.), Tropical forest. Botanical dynamics, speciation and diversity, pp. 47-64. Academic Press, London.

HALL, P., ORRELL, L.C. & BAWA, K.S. 1994. Genetic diversity and mating system in a tropical tree, *Carapa guianensis* (Meliaceae). **American Journal of Botany** 81:1104-1111.

HASLETT, J.R. 1990. Geographic information systems: a new approach to habitat definition and the study of distributions. **TREE**, 5, 214-218.

KAPOS, V. 1989. Effects of Isolation on the Water Status of Forest Patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology** 5: 173-185.

LAURANCE, W.F. Predicting the impacts of edge effects in fragmentes habitas. **Biological Conservation** v. 55, p. 77-92, 1991.

LAURANCE, W. F., S. G. LAURANCE, L.V. FERREIRA, J. M. RANKIN-DE-MERONA, C. GASCON, and, T. E. LOVEJOY. 1997. Biomass Collapse in Amazonian Forest Fragments. **Science** 278: 117-1118.

LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-de-MERONA, J., LAURANCE, S. G., HUTCHINGS, R. W., LOVEJOY, T. E. 1998. Effects of Forest Fragmentation on Recruitment Patterns in Amazonian Tree Communities. **Conservation Biology** 12(2): 460-464.

LAURANCE, W. F. 2000. Rainforest Fragmentation Kill bog Trees. **Nature** 404:836.

LAURANCE, W.F.; COCHRANE, M.A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P.M.; DELAMONICA, P.; BARBER, C.; d'ANGELO, S.; FERNANDES, T. 2001. The future of the Brazilian Amazon. **Science** 291: 438-439.

LAURANCE, W. F., LOVEJOY, T. E., VASCONCELOS., H. E., BRUNA, E. M., DIDHAN, R. K., STOUFFER, F. C., GASCON, C., BIERRAGAARD, R. O., LAWRENCE, S. G., SAMPAIO. E. E. 2002. Ecosystem decay of amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**. 16(3): 605-618.

LIMA, J. F. 2006. **Composição e riqueza de espécies de anuros (Amphibia) em fragmentos florestais no Lago de Tucuruí, Pará**. Dissertação de Mestrado. Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará. 59p.

MACHADO, L., 1998. **A fronteira agrícola na Amazônia**. In: Geografia e Meio Ambiente no Brasil. Organizadores Becker, B.K. *et al.* Hucitec, São Paulo.

METZGER, J. P. 1999. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 71, n. 3 (1), p. 445 - 463.

METZGER, J.P. 2000. Tree functional group richness and spatial structure in a tropical fragmented landscape (SE Brazil). **Ecological Applications** 10: 1147-1161.

METZGER, J.P. 2006. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação** 4 (2):11-23

- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmentation Forest: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution** 10: 58-62.
- PAROLIN, P. 2001. Growth, productivity and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. **Oecologia** 128: 326-335.
- PAVAN, D. 2002. **Considerações ecológicas sobre a fauna de sapos e lagartos de uma área do cerrado brasileiro sob o impacto do enchimento do reservatório de Serra da Mesa**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo - São Paulo.
- PERES, C.A. 2005. Porque precisamos de megareservas na Amazônia. **Megadiversidade**, Vol 1(1): 175-180
- RODRIGUES, E. 1998. Efeito de bordas em fragmentos de floresta. **Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 1-5.
- SCARIOT, A. 1998. Conseqüências da fragmentação da floresta na comunidade de palmeira na Amazônia central. **Série Técnica – IPEF-EMBRAPA-CENARGEN**. 12(32): 71-86.
- SYSTAT. 2006. **Systat 10.0 for windows**. Chicago, SPSS, 726p.
- VIANA, V. M. & PINHEIRO, L. A. F. V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF** 12(32): 25-42.
- VIEIRA, I.C.G, CARDOSO, J.M. e TOLEDO, P.M. 2005. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia **Estudos Avançados** 19:54:
- VENTURIERI, A., FIQUEIREDO, R.O. WATRIN, O.S. e Markewitz, .D 2005. **Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, p. 1127-1134.
- VIVEIRO de CASTRO, E.B.; FERNANDEZ, F.A.S. 2004. Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. **Biological Conservation** 119: 73-80.
- VOLOTÃO, C. F. S. 1998. **Trabalho de análise espacial - métricas do Fragstats**. 1998. 45 f. Trabalho de análise espacial do curso de mestrado do INPE - São José dos Campos.
- WILLIAMS-LINENA, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panamá. **Journal of Ecology** 78:356-373.
- WU, J., HUANG, J., HAN, X., GAO, X., HE, F., JIANG, M., JIANG, Z., PRIMACK, R. B., SHEN, Z. 2003. Three Gorges Dam – experiment in habitat fragmentation? **Science** 300:1239-40.