

# Mapeamento do habitat do Pirarucu (*Arapaima gigas*) a partir de dados de sensoriamento remoto integrados em SIG. Goiás (GO)-Brasil

*Mapping the habitat of the Pirarucu (Arapaima gigas) through remote sensing and GIS in Brazil*

Santos Alex Mota Dos\*, Romão Patrícia de Araújo\* e Burjack Maria Iêda de Almeida\*

*Recibido: septiembre, 2008 / Aceptado: agosto, 2009*

## Resumen

El presente estudio hace una caracterización del hábitat del mayor pez de escamas de agua dulce del mundo: el *Arapaima gigas*, en la región centro-oeste de Brasil, estados de Goiás (GO) y Mato Grosso (MT), mediante el uso integrado de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG). En esta región, la antropización del paisaje intensificada en el siglo XX, ha contribuido en la sobre pesca de la especie, llevándola al borde de la extinción. La investigación identificó los elementos físicos del paisaje, así como los aspectos antrópicos que influyen directamente en la supervivencia de la especie. Para este fin se utilizaron imágenes satelitales y datos vectoriales, ambos integrados en ambiente de SIG. El resultado de la investigación fue la caracterización de los elementos biotipos y abióticos que, luego de analizados, demostraron que el hábitat del *Arapaima gigas* ha sufrido transformaciones que actualmente influyen en la dinámica reproductiva de esta especie.

**Palabras clave:** Mapeamento; habitat; Pirarucu; Brasil.

## Abstract

The proposed study is a characterization of the habitat of the world's biggest freshwater fish: the *Arapaima gigas*. This study was located in the center-west region of Brazil, which includes the Goiás and Mato Grosso states. In this region, the landuse has been intensified during the twentieth century, contributing to a higher exploitation of the species, leading to an almost extinction. This research identified the elements of the physical landscape, as well as the human aspects influencing directly on the survival of the species. For this purpose, a set of remotely sensed imagery and vectorial data were integrated into a GIS database. As a final outcome, a characterization and analysis of the biotic and abiotic factors showed intensive transformations in the habitat of the *Arapaima gigas*, which are currently influencing the reproductive dynamic of this species in the surveyed area.

**Key words:** Mapping; habitat; Pirarucu; Brazil.

\* Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais (IESA), Campus Samambaia, Goiânia (Goiás), Brasil. E-mail: alexcefetgo@yahoo.com.br; patriciaiesaa@ufg.br; ieda\_burjack@cultura.com.br

## 1. Introdução

A intensa ocupação da área inundável pelas águas do rio Araguaia e de seus tributários somada às características edáficas têm contribuído para a diminuição, no estado de Goiás, da maior espécie de peixe de escamas de água doce do mundo: o Pirarucu (*Arapaima gigas*), (Pereira, 1976). Segundo dados da Agência Goiana de Meio Ambiente (AGMA), órgão responsável pela política de preservação ambiental, o Pirarucu encontra-se em vias de extinção no estado de Goiás.

O Pirarucu sempre foi uma das espécies mais capturadas na região do Araguaia (Caiado, 1974; Caiado, 1975; Magalhães, 1975). O *Arapaima gigas* é um animal sedentário e habita preferencialmente ambientes lacustres (Fabrè e Barthem, 2003; Ono *et al.*, 2004). Venturieri e Bernardinho (1999) afirmam que o Pirarucu é considerado praticamente um fóssil vivo, sendo um dos grupos mais antigos de *teleosteos*, que surgiram durante o período Jurássico (165 milhões de anos atrás), possivelmente no supercontinente Pangea. Este animal é considerado a maior espécie de peixe de escamas de água doce do mundo, podendo atingir 4 m de comprimento e 200 kg de peso (Pereira, 1976). Segundo Santos *et al.* (2006), este animal recebe várias denominações, sendo Pirarucu, Piroasca e Bacalhau Brasileiro, os mais usuais.

A região onde o Pirarucu é encontrado em Goiás é formada por uma faixa de planície aluvial do rio Araguaia. Esta planície é condicionada por sedimentos recentes, que sustentam um complexo

mosaico de ambientes lacustres, associados, na sua grande maioria, à atividade do canal principal. Portanto, esta área configura importante reduto para reprodução e conservação do Pirarucu. O expressivo número de lagos nesta região levou Santos (2007) a designá-la Paisagem dos Lagos. Além disto, a área foi indicada pelo WWF-Brasil e Ministério do Meio Ambiente como área relevante para conservação da natureza.

Para caracterização desta área tão singular para o Brasil foi aplicado método indireto, dados de sensoriamento remoto orbital. Os dados provenientes de satélites têm sido excelentes recursos para análise das paisagens inundáveis, inclusive de morfologia lacustre (Morais, 2002; Jardim-Lima *et al.*, 2005; Morais, 2006).

Com objetivo de extrair o máximo dos dados orbitais empregou-se técnicas de processamento digital de imagens, nomeadamente um Modelo de Mistura de Pixel, técnica de Classificação e Segmentação. A aplicação do Modelo de Mistura tem contribuído para análise de áreas de vegetação para o Bioma Cerrado (Ferreira *et al.* 2003), Mata Atlântica (Freitas e Cruz, 2005), Floresta Amazônica (Vasconcelos e Novo, 2004), áreas queimadas (Anderson *et al.*, 2005), área urbana (Nunes e Souza Júnior, 2007) e áreas agrícolas (Santos *et al.*, 2009).

Todos os trabalhos partem do princípio que com base na resposta espectral de alvos puros (*endmembers*) selecionados para a geração do modelo, é possível extrair nas imagens sintéticas (imagens-fração) as feições ressaltadas dos alvos desejados, facilitando sua detecção e

monitoramento (Anderson *et al.*, 2005). Assim, utilizou-se das imagens-fração para caracterização do habitat do Pirarucu, nomeadamente a morfologia lacustre, uso e cobertura.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na parte oeste de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1). O recorte espacial para pesquisa inclui parte dos municípios de Aruanã, Nova Crixás e São Miguel do Araguaia. A área analisada ocupa 4.500 km<sup>2</sup>. Os lagos da área de estudo estão associados a planície do Araguaia.

A determinação da área de estudo seguiu critérios empíricos e predação da espécie. Inicialmente observou a indicação do ribeirinho que afirma ser esta área o reduto do Pirarucu. Observou ainda que é nesta área onde se identifica o maior número de apreensões da carne do peixe. Vale destacar que este animal é protegido pela Lei Estadual 13.025 do ano de 1997. Sendo assim há esforços do Governo de Goiás em fiscalizar a pesca na região. Num resumo das apreensões realizadas no estado de Goiás entre 2005 e 2007 identificou que 3,1 toneladas de peixe do Pirarucu foram apreendidos pela equipe de fiscalização da Agência Goiana do Meio Ambiente (AGMA), (Santos, 2007).



Figura 1. Localização da área de estudo. Área onde o Pirarucu é identificado em Goiás

## 2.2 Procedimentos metodológicos e resultados

Os dados orbitais foram adquiridos sem custos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil. Neste sentido, utilizaram dados do *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS) de 2008. Para a manipulação das imagens, arquivos vetoriais, bem como a integração de todos os dados envolvidos nas análises, utilizou-se o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciada (SPRING), versão 5.0 (Camara *et al.*, 1996). Os dados que caracterizam a forma do relevo foram compilados da base da Secretaria Estadual de Planejamento de Goiás (SEPLAN-GO).

## 2.3 Dados de sensoriamento remoto

O CBERS foi lançado no ano de 2003, resultado da parceria Brasil e China, estabelecida ainda na década de 1990. Os países determinaram que as imagens seriam bem público, portanto distribuídas de forma gratuita através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)). Este satélite fez do Brasil o maior distribuidor de imagens orbitais do mundo.

O satélite possui três sensores. Nesta pesquisa utilizou-se dados do sensor CCD com resolução de 20 metros. As imagens do sensor do CCD obtém dados de uma faixa de 113 km<sup>2</sup>, no entanto, devido a disposição da área e sua extensão foram necessárias 6 cenas. Desta forma utilizaram-se imagens das órbitas 160 e 161 do mês de setembro e agosto de 2008, res-

pectivamente. Das cenas selecionaram-se os pontos 114 e 115 para órbita 160 e 114, 115, 116, 117, da órbita 161.

O sensor CCD é a uma câmera que apresenta condições de resolução espacial compatível com análise proposta. Do sensor CCD selecionou-se as bandas 2, 3 e 4. Essas bandas respondem respectivamente nos comprimentos de onda do verde, vermelho e infra-vermelho próximo e são ideais para análise de paisagem, já que representa a parte do espectro que mais caracteriza as cores reais da paisagem.

## 2.4 Processamento digital de imagens

O processamento digital de imagem é aplicado à identificação, extração e realce de informação de interesse numa imagem (Crósta, 1999). Como referido no texto para análise da paisagem foram necessárias 6 cenas. Todas foram registradas no mesmo sistema de projeção cartográfica (Datum SAD69 e Projeção UTM). Assim, após o registro realizou-se o mosaico de imagens.

### 2.4.1 Modelo de mistura de pixel

As imagens de sensoriamento apresentam *pixels* formados por uma mistura espectral condicionada pela reflectância dos diversos elementos da paisagem encontrados num *Ground Instantaneous Field of View* (GIFOV). O MLM propõe modelar esta condição de mistura, estimando de forma individual a contribuição de cada alvo presente nos *pixels*, por meio da geração de imagens-fração.

Segundo Teixeira (2005) a variedade de alvos incluída na resposta de cada *pixel* dependerá da resolução espacial de cada sensor, assim se a resolução espacial for melhor, ou seja, caso o *Instantaneous Field of View* (IFOV) seja menor, provavelmente a variedade de alvos que constituem o *pixel* será menor. Como consequência, *pixels* de sensores de alta resolução espacial possuem uma maior probabilidade de serem formados pela resposta de alvos únicos, puros. No modelo proposto por Shimabukuro e Smith (1991) o solo, a vegetação e a sombra são os elementos para se estimar a pureza no *pixel*.

A reflectância de cada *pixel* é modelada por uma combinação linear do produto da reflectância dos N componentes puros pelas suas respectivas frações: Equação 1.

$$r_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) + e_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (\text{número de bandas}) \quad (1)$$

$j = 1, \dots, n$  (número de componentes)

$n \leq m$

onde:

$r_i$  : reflectância espectral na  $i^{\text{ésima}}$  banda espectral de um *pixel* (i.e., valor do *pixel* na banda  $i$ , convertido para valor de reflectância);

$a_{ij}$  : reflectância espectral conhecida do  $j^{\text{ésimo}}$  componente na  $i^{\text{ésima}}$  banda espectral;

$x_j$  : valor a ser estimado de proporção do  $j^{\text{ésimo}}$  componente dentro do *pixel*; e

$e_i$  : erro de estimação para a  $i^{\text{ésima}}$  banda espectral.

O resultado do método é a geração de imagens fracionadas (bandas sintéticas

de proporção) em componentes de alvos indicados no modelo, o cálculo do erro médio e geração de imagens de erro.

Ferreira *et al.* (2003) distingue as etapas de aplicação do modelo de mistura em: pré-processamento (correção atmosférica / retificação radiométrica da imagem original-imagem-referência, visa corrigir as distorções causadas pelo espalhamento da radiação eletromagnética causada pela interação com a atmosfera); redução da dimensionalidade dos dados, através da Eliminação de Ruídos (*Minimum Noise Fraction*-MNF. A transformação MNF é utilizada para segregar ruídos na imagem e para facilitar o processamento dos dados, reduzindo esforço computacional. A transformação se baseia na matriz de covariância do ruído, que descorrelaciona e reescala o ruído dos dados); utilização de um Índice de Pureza dos Pixels (*Pixel Purity Index*-PPI), (Boardman *et al.*, 1995).

A partir da geração da imagem PPI foi obtido um *threshold*, que é 'junção' dos valores dos *endmembers* com a imagem PPI (Figura 2). O resultado deste procedimento é a seleção dos *pixels* valores mais altos, que na figura 2 está representado pelos *pixels* brancos. Os *pixels* escuros representam maior mistura espectral. A imagem PPI filtra os valores mínimos e máximos. Nesta pesquisa o maior índice de pureza foi o valor 138. Este valor foi mais facilmente encontrado para os bancos de areia e áreas de extração de argila. Aceitou para a análise o valor entre 18 e 138, resultando assim na seleção de 422.902 *pixels*. Do valor apresentado, 48% apresentaram valores de pureza



Figura 2. Resultado *threshold*, imagem PPI

máxima (valor 138 para esta pesquisa). Por fim gerou-se as imagens fração (IF)/verificação (verdade terrestre).

Após obtenção das imagens-fração solo, vegetação e sombra foi aplicada a classificação de imagens. Neste procedimento é necessário a obtenção de amostras da vegetação via imagem para assim

criar uma normalização de todos os tipos vegetacionais que emitem respostas espectrais semelhantes.

A imagem-fração sombra subsidiou a classificação dos lagos, a imagem-fração solo e vegetação subsidiaram a classificação do uso e cobertura da terra. O resultado da classificação, materializado pela Matriz de Confusão, indicou qualidade de 85,05% do processo, com ausência média de 0,44% e confusão média de 14,51%. Estes dados são justificados já que em algumas áreas a floresta encontra-se com muita água e sofre a influência dos inúmeros lagos. Muitas vezes também os lagos mais afastados do rio Araguaia apresentam espelho de água reduzido com presença de gramínea natural. Identificou em algumas áreas que a gramínea cobre o espelho de água do lago. Assim, o classificador gera confusão, que nesta pesquisa foi aceitável.

Realizada a classificação a imagem foi segmentada dando origem aos polígonos que caracterizam os lagos, uso e cobertura. A segmentação automatizou e agilizou o processo de obtenção dos corpos de água na imagem-sombra. Estes polígonos indicaram a área representativa de cada classe de uso e ocupação. Este recurso foi necessário para análise quantitativa do uso e cobertura da terra.

## 2.5 Aplicação do modelo de mistura

### 2.5.1 Seleção dos componentes puros (*endmembers*)

Os alvos puros; solo, vegetação e sombra (água) foram extraídos diretamente da imagem. Os alvos puros foram identifi-

cados a partir da análise de um dispersograma. Neste sentido, os alvos puros localizam-se nos extremos do dispersograma (Figura 3). O gráfico de dispersão mais adequado para distinção dos alvos puros foi aquele formado pelas bandas 3 e 4, indicadas pelos números 2 e 1 na figura 3.

### 3. Integração de dados de sensoriamento em sig

O SIG SPRING apresenta uma interface amigável ao usuário e é capaz de manipular informações vetoriais e matriciais, permitindo a integração entre vetores e imagens objetivando tecer correlações a cerca das variáveis ambientais levantadas. Esta integração permitiu a caracterização da paisagem.

O SPRING disponibiliza ainda ferramentas para compilação de dados de bases cartográficas já existentes e que foram úteis na análise do habitat do Pirarucu. O SIG possibilita ainda a estruturação de mapas temáticos. Estes recursos materializam a descrição sobre o uso da

terra, possibilitando melhor compreensão da dinâmica de ocupação da área em análise.

#### 3.1 Análise da paisagem

Os dados sobre geomorfologia (Figura 4), solos e clima foram compilados de relatórios oficiais apresentados no Brasil e que constam na bibliografia.

De forma geral identificou-se a PF (Planície Fluvial), a SRAIVC1 (Superfície Regional de Aplainamento com cotas entre 250 e 400 metros, com dissecação média, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas) e SRAIVC2 (Superfície Regional de Aplainamento com cotas entre 250 e 400 metros, com dissecação muito fraca, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas com sistemas lacustres associados).

Os solos são predominantemente hidromórficos associados à dinâmica do rio Araguaia, rio Crixás-Açu, rio do Peixe, ao relevo extremamente plano, ao clima, caracterizado pela grande volume de chuvas anuais. Foram identificados três grandes grupos de solos: Plintossolos, Gleissolos

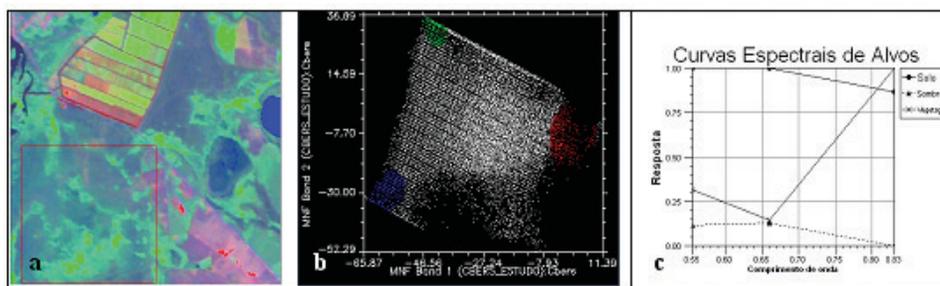


Figura 3. (a e b) Identificação de endmembers: azul (sombra), verde (vegetação) e vermelho (solo). (c) Respostas Espectral dos respectivos alvos

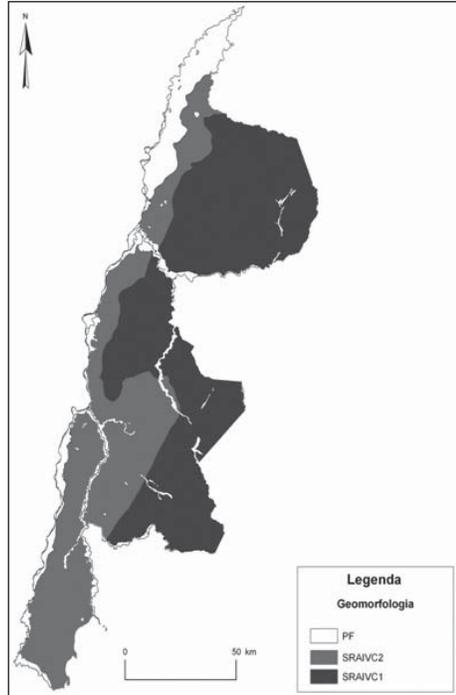


Figura 4. Formas de relevo da área de estudo. Fonte: SEPLAN/SIEG-Goiás

e Latossolos, em ordem crescente de representatividade areal. Os dois primeiros tipos são encontrados em área de inundação e os Latossolos estão associados às áreas mais altas, de relevo tabular, na porção leste. O solo das áreas mais planas, situadas a norte da área de estudo é mais homogêneo, onde predomina o Plintossolos. Mais a leste da área de estudo o relevo se torna mais movimento, onde predomina os Latossolos.

A região de estudo está sob domínio climático tropical semi-úmido, caracterizado por uma estação chuvosa (verão) e uma estação seca (inverno). A temperatura média anual é de 25°C, com a média

do mês mais quente de 26°C e a do período mais frio (junho-julho) de 22°C. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área pertence ao grupo Aw com verão úmido e inverno seco.

Os resultados mostraram forte correlação entre a geomorfologia, vegetação e ambientes lacustres, onde identificou predomínio de lagos de canal abandonado e vegetação de floresta na Planície Fluvial (PF), (Figura 5).

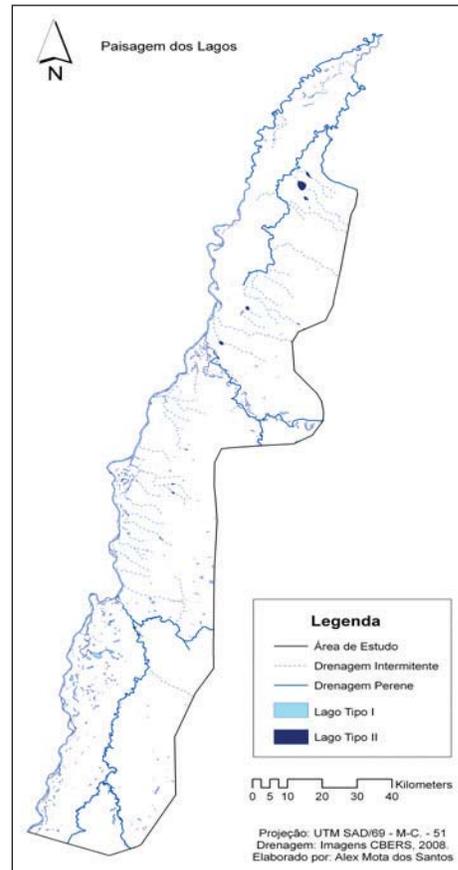


Figura 5. Mapa do sistema lacustre da planície inundável do rio Araguaia

Para sistematização da análise, seguindo critérios geomorfológicos, optou-se por distinguir o habitat do Pirarucu em dois grupos; os lagos do grupo I são aqueles ligados a unidade determinada como Planície de Paleomeandros, que acompanha a Planície Fluvial (PF) definidos como aqueles que têm sua origem ligada aos diferentes tipos de abandono do canal. Estes lagos apresentam ligação com o canal principal. Esta ligação pode ou não se interrompida, fato que depende das condições climáticas anuais. Nos anos em que o período de estiagem é maior os canais que ligam o lago ao rio se rompem. Os lagos do grupo II são aqueles ligados a área de Escoamento Impedido, ambientes lacustres que estão em zonas de altitude mais elevada, podendo estar ou não afastados do canal principal, na Superfície Regional de Aplainamento (SRAIVC2). Esta classificação proporcionou criar uma interface entre as características de reprodução e sobrevivência do peixe Pirarucu e o seu hábitat, os lagos. Isto porquê os lagos que secam, localizados predominantemente na PF oferece riscos a sobrevivência da espécie. No entanto, conforme se observa na figura 5 os lagos formados a partir dos diferentes tipos de abandono de canal (ponto azul claro) são mais numerosos, cerca de 94,2%, e muitos se apresentam interligados ao canal principal.

Os lagos formados pelo abandono de canal têm sua gênese ligada à atividade do rio, ou seja, são formados pela “*evolução dos meandros que cortam o pedúnculo através do solapamento basal na margem côncava*” (Christofoletti, 1981: 164).

Os lagos encontrados na área de escoamento impedido (ponto azul escuro) são predominantemente ovulares e o espelho de água se mantém mesmo nos períodos de estiagem, portanto são lagos perenes. Estes lagos, do ponto de vista geomorfológico, ofereceriam maiores condições de sobrevivência à espécie, pois mantendo as condições ambientais atuais, dificilmente secariam.

De forma geral e conforme se observa na figura 5 a maioria dos ambientes lacustres estão conectados por drenagens intermitentes. Estas drenagens alimentam e ajudam a manter o espelho de água dos lagos. Observou ainda grande número de drenagens intermitentes na zona norte e centro da área de estudo. No período de cheia máxima estas drenagens recebem muita água, facilitando assim o deslocamento do Pirarucu por toda a paisagem.

### 3.2 Uso e cobertura da terra

Os resultados mostraram que as atividades humanas mais recorrentes na paisagem foram a pecuária extensiva, onde o gado é criado à solta na paisagem, a agricultura irrigada e agricultura sem distinção (Figura 6). Foram identificadas ainda povoados às margens do rio Araguaia.

Como comentado anteriormente a área da floresta está mais protegida. No entanto, em campo pôde-se observar atividades humanas inserida na floresta. É o caso específico da pecuária. Muitos fazendeiros deixam o gado à solta e os mesmos circulam livremente pela floresta, que por ser uma área de preservação

permanente deveria estar livre de uso. Os sensores orbitais não captam tal dinâmica, daí a importância do trabalho de campo para análise de paisagem por sensoriamento remoto.

Foram identificadas e mapeadas duas unidades fisionômico-florísticas bem distintas denominadas Floresta Semidecidual Aluvial, designada Floresta, e a Savana Parque com Floresta de Galeria (Campos Inundáveis ou de Murundus<sup>1</sup>). Em meio a estes dois tipos vegetacionais observam-se fragmentos florestais, isolados ou conectados com a Floresta Semidecidual Aluvial, denominados localmente de Ipuças.

O aspecto vegetacional da Floresta Semidecidual Aluvial ocorre às margens dos principais corpos d'água, formando um 'cinturão' ao longo dos mesmos, onde predominam árvores altas e de troncos eretos. A vegetação de floresta ocorre sobre a Planície Fluvial (PF). Esta área é mais protegida do ponto de vista do desflorestando que ainda não ocorre na área supracitada. A vegetação de Savana Parque ocorre predominantemente sobre superfície regional de aplainamento, onde ocorre mais inundações por período de tempo maior. A Savana também ocorre sobre a superfície regional de aplainamento, onde é anualmente substituída pela gramínea artificial do tipo *Bracharia*, que serve de alimento para o gado bovino (cor amarelo no mapa). Este aspecto vegetacional é integralmente apropriado pela pecuária extensiva. Nestas regiões o gado é criado a solta aproveitando-se da gramínea natural.

Observa no mapa de uso da terra (Figura 6) o grande número de estradas, especialmente na parte norte. As estradas comprometem a qualidade ambiental do habitat do Pirarucu porque algumas se configuram como barragem às águas das grandes cheias do rio Araguaia. Além do mais, as escavações realizadas no solo (caixas de empréstimo), para extração de terra empregada na construção das

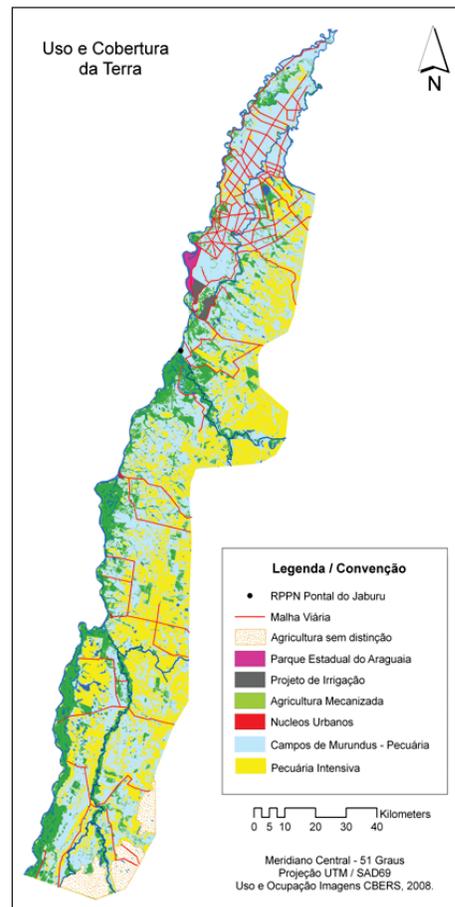


Figura 6. Uso, cobertura e ocupação da paisagem dos lagos

mesmas, configuram-se como habitats temporários para algumas espécies da fauna, que ficam expostas à presença dos que pela estrada trafegam. O grande número de estrada dá a impressão de que a área está sendo urbanizada. Tais estradas invadem as áreas de preservação integral, expondo o habitat do Pirarucu a predações diversas.

Estabelecendo a análise quantitativa observou que a pecuária representa 44,13% e agricultura sem distinção com 10,32% dos usos da terra identificados na área de estudo, confirmando a vocação da região para a atividade agropecuária. A vegetação de floresta cobre 16,81% da área de estudo, no entanto a sua expressiva ocorrência está comprometida pelos usos que ocorrem no seu interior (Quadro 1).

**Quadro 1. Uso e cobertura da terra, análise quantitativa**

Uso e cobertura	Área (km <sup>2</sup> )	% da área total
Projeto de irrigação	33,00	0,73
Agricultura mecanizada - Pivô	8,48	0,18
Agricultura sem distinção	464,56	10,32
Ilhas e bancos de areia	14,78	0,33
Parque estadual	46,11	1,02
Vegetação de floresta	756,78	16,81
Lagos	37,61	0,83
Pecuária	1.986,23	44,13

A representação da RPPN Pontal do Jaburu se deu de forma pontual devido à ausência de memorial descrito à data em que a reserva foi reconhecida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

#### 4. Considerações finais

A análise mostrou que do ponto de vista geomorfológico a reprodução do Pirarucu está ameaçada, já que a maioria dos lagos secam. No entanto, o fato de muitos lagos secarem, por si só não configura ameaça a espécie, já que esta dinâmica sempre ocorreu na área de estudo. Assim, acredita-se que a dinâmica dos lagos só corrobora para diminuição da espécie, mas que naturalmente configura um elemento de controle da espécie, que é considerada pertencente ao topo da cadeia alimentar.

O fator agravante e que coloca em risco a sobrevivência do Pirarucu em Goiás está relacionado com os usos que se faz da paisagem. Infelizmente não são apenas as atividades que ocorrem na área de estudo que comprometem a qualidade ambiental do habitat do peixe Pirarucu. Castro (2005) revela em seus estudos os impactos erosivos e de assoreamento que ocorrem na alta bacia do rio Araguaia, decorrente principalmente da atividade agropecuária.

Essas ações contribuem para o aumento no aporte de sedimentos no leito do rio, que quando depositados no seu médio curso, contribuem para a alteração das características geomorfológicas dos lagos. O acúmulo de sedimentos muitas vezes impede a conectividade do rio Araguaia com os lagos. Quando esses sedimentos em suspensão atingem os lagos, contribuem para sua colmatagem e isso, em longo prazo, compromete os habitats do peixe Pirarucu. Essa colmatagem

pode levar ao desaparecimento de alguns lagos.

Além disto, a caracterização da ocupação foi importante, pois o uso da terra compromete a reprodução do peixe na medida em que os lagos, habitats preferenciais do Pirarucu são apropriados pelo gado bovino para dessedentação ou são alvos de pescadores profissionais.

Apesar da indicação dos lagos, o importante é obedecer à legislação ambiental brasileira e mitigar ao máximo o uso nas áreas úmidas, já que estas são detentoras de uma rica fauna e flora.

Destaca-se que a criação de Unidades de Conservação sem o devido cuidado, não contribui para a mudança de hábito da população ribeirinha. A pesquisa revelou que mesmo em áreas de preservação integral o uso ocorre.

Destaca-se que a presente análise colaborou com a discussão que envolve a captura do maior peixe de escamas de água doce do mundo, pois mostrou o cenário de desrespeito ao seu hábitat, indicou os atores das agressões ambientais, sugeriu conjuntos de corpos d'água adequados para sua conservação. A pesquisa mostrou que apesar de toda ocupação, o natural ainda é encontrado na área de estudo, e é este aspecto que merece destaque e atenção do poder público, pois algo ainda pode ser feito pelas áreas úmidas do cerrado.

Por fim, a análise relevou o alto poder de análise de paisagem por sensoriamento remoto, nomeadamente a partir da utilização de imagens CBERS. Revelou ainda a maximização dos dados de sensoriamento remoto a partir do Modelo de Mistura de Pixel que segregou os alvos

puros que orientaram a classificação e reconhecimento dos usos e cobertura da terra.

## 5. Nota

- 1 Tipo de micro relevo peculiar onde se desenvolve pequenos montes que possuem de 3 a 15 metros de diâmetro e altura que não excede 3 metros. Acredita-se que os murundus da área de estudo estão associados às condições de má drenagem.

## 6. Referências citadas

- ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C.; LIMA, André de e Y. E. SHIMABUKURO. 2005. *Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira*. **Revista Acta Amazônica**. 35(4): 445-456.
- BOARDMAN, J. W.; KRUSE, F. A. & R. GREEN. 1995. *Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data*. **Airborne Geoscience**, 1(1): 23-26.
- CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M. F.; GARRIDO, J. e F. MITSUO. 1996. *SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling*. **Revista Computers and Graphics**. 20 (1): 395-403.
- CAIADO, L. 1974. **Dramas do oeste: história de uma excursão nas regiões da Ilha do Bananal, em 1950**. Oriente. Goiânia-Brasil.

- CAIADO, L. 1975. **Arapoema**. Oriente. Goiânia-Brasil
- CASTRO, S. S. de. 2005. *Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual*. **Revista do Departamento de Geografia**, 17, 38-60. [On line]: [http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_17/Selma\\_Sim%C3%A4es\\_de\\_Castro.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_17/Selma_Sim%C3%A4es_de_Castro.pdf)
- CHRISTOFOLETTI, A. 1981. **Geomorfologia fluvial, o canal fluvial**. Edgard Blücher Ltda. São Paulo-Brasil.
- CRÓSTA, Á. P. 1999. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Editora Unicamp. Campinas-Brasil. 170 p.
- FABRÉ, N. N. e R. B. BARTHEM. 2006. *Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia*, Manaus: **Provárzea**, 2003. [On line]: [http://ns.rc.unesp.br/ib/ecologia/petrere/textos\\_arquivos/BarthemandFabre2004.pdf](http://ns.rc.unesp.br/ib/ecologia/petrere/textos_arquivos/BarthemandFabre2004.pdf). (Acesso em: 12 abr. 2006).
- FREITAS, S. R. e C. B. M. CRUZ. 2005. Análise de Componentes Principais e Modelo Linear de Mistura na discriminação de classes de vegetação na Mata Atlântica. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 1529-1536. Goiânia-Brasil. (16-21 abril).
- FERREIRA, M. E.; FERRERIRA, L. G.; SANO, E. E. e Y. E. SHIMABUKURO. 2003. Uso do Modelo Linear de Mistura para o mapeamento sistemático e operacional do Bioma Cerrado: Possibilidades, implicações e procedimentos metodológicos. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 657-664. Belo Horizonte-Brasil. (5-10 abril).
- JARDIM-LIMA, D.; PIEDADE, M. T. F.; NOVO, E. M. L. M. e C. D. RENNÓ. 2005. A dinâmica do pulso de inundação: aplicações de sensoriamento remoto na avaliação da área de águas abertas e morfologia dos lagos de várzea da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá-Amazônia Central. *Actas do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 3069-3079. Goiânia-Brasil (21-26 de abril).
- MAGALHÃES, C. 1975. **Viagem ao Araguaia**. (7 ed.), Nacional. Rio de Janeiro-Brasil.
- MORAIS, R. P. 2002. *Mudanças históricas na morfologia do canal do Rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a foz do Rio Cristalino na Ilha do Bananal no período entre as décadas de 60 e 90*. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Universidade Federal de Goiás. Goiânia-Brasil. Mestrado em Geografia, 175 p. (Inédito).
- MORAIS, R. P. 2006. *A planície aluvial do médio rio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais*. Programa Multidisciplinar de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás. Goiânia-Brasil. Doutorado em Ciências Ambientais, 136 p. (Inédito).
- NUNES, S. S. e SOUZA JÚNIOR, C. 2007. Avaliação de modelos de mistura de pixel para áreas urbanas. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 6885-6892. Florianópolis-Brasil (21-26 abril).
- ONO, E. A.; Halverson, M.R. e F. Kubitzka. 2004. *Pirarucu, o gigante esquecido*. **Revista Panorâmica da Aqüicultura**. 14 (1): 14-25.
- PEREIRA, R. 1976. **Peixes de nossa terra**. Editora Nobel. São Paulo-Brasil. 239 p.
- SANTOS, A. M. D.; SOARES, D. O. e L. R. SOARES. 2006. *Modelagem de um Sistema de Informações Geográficas para fins de preservação do peixe Pirarucu em meio*

- natural na Região de Luís Alves, município de São Miguel do Araguaia - Goiás.* 2006. 76 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Sensoriamento Remoto), Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Goiânia-Brasil.
- SANTOS, A. M. D. 2007. *Análise da paisagem dos lagos na região de Luiz Alves (Médio Araguaia) aplicada à preservação do Pirarucu (Arapaima gigas) a partir de métodos indiretos - sensoriamento remoto.* Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Universidade Federal de Goiás. Goiânia-Brasil. Dissertação de Mestrado. 121 p.
- SANTOS, A. M. D; MONTEIRO, J. P e P. A. ROMÃO. 2009. Caracterização do Consumo de Água no Sul de Portugal (Algarve) a partir da Identificação da Área Agrícola Regada utilizando um Modelo Linear de Mistura. *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* Natal-Brasil (25-30 abril).
- SHIMABUKURO, Y. E. and J. A. SMITH. 1991. *The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data.* **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, 29(1): 16-20.
- TEIXEIRA, C. G. 2005. *Validação Do Modelo Linear de Mistura Espectral em imagens Aster/Terra a Partir de Dados Ikonos.* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos-Brasil. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto.
- VASCONCELOS, C. H. e NOVO, E. M. L. de Moraes. 2004. *Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens - fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí (PA).* **Revista Acta Amazônica.** 34(3): 487-493.
- VENTURIERI, R. e G. BERNARDINO. 1999. *Pirarucu, espécie ameaçada pode ser salva através de cultivo.* **Revista Panorama da Aqüicultura.** 9(1):13-21.