

## **Aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral para Análise dos tipos Água no Lago Paranoá, Brasília - DF**

Edilson de Souza Bias <sup>1</sup>  
Felipe Lima Ramos Barbosa <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília - UnB  
Campus Darcy Ribeiro, Brasília - DF  
[edbias@unb.br](mailto:edbias@unb.br)

<sup>2</sup>Fundação Nacional do Índio - FUNAI  
SEPS Quadra 702/902 Projeção A, Ed. Lex 70.390-025 - Brasília/DF  
[felipelrb@gmail.com](mailto:felipelrb@gmail.com)

### **Abstract.**

The aim of this paper is to demonstrate an example the use of the Spectral Linear Mixing Model – (MLMM) technique for mapping different types of water in Lake Paranoá in Brasília – DF.

**Palavras-chave:** Spectral Linear Mixing Model, water, sediments

### **1. Introdução**

O crescimento desordenado do Distrito Federal tem trazidos conseqüências danosas aos princípios que devem nortear os parâmetros de qualidade ambiental, ativando diversos impactos, entre os quais, destacamos o aumento da turbidez do Lago Paranoá em função da alta carga de sedimentos recebida. Esse fato pode ser entendido, como uma análise do que estava previsto no projeto inicial do Distrito Federal em terno de população para o ano 2000, que seria de 500.000 habitantes. No entanto, são contabilizados nos dias atuais, cerca de 2,5 milhões de habitantes distribuídos nas diversas Regiões Administrativas, que, foram surgindo ao longo dos anos, e, em grande parte, ocupando de forma desordenada as áreas de cerrado.

A bacia do Paranoá é uma das áreas do Distrito Federal que mais sofreu o processo de ocupação, apresentando atualmente, uma alta taxa de impermeabilização do solo, gerando um aumento das taxas de escoamento superficial e conseqüentemente de transporte de sedimentos para o Lago Paranoá.

O processo de ocupação dessa bacia não ocorreu com o devido planejamento, gerando cargas excessivas de sedimento que ainda são transportadas por diversos tributários que deságuam no referido lago, como é o caso do Córrego Riacho Fundo, um dos seus mais importantes tributários.

Essas cargas de sedimentos são aumentadas significativamente nos períodos chuvosos, em função da falta de saneamento básico (asfaltos e redes de águas pluviais) nos diversos núcleos urbanos que ocupam a bacia, como também, com a ocupação irregular das margens do Lago Paranoá, por parte de diversos moradores.

Visando contribuir com um instrumento para o processo de gestão ambiental urbana e da qualidade da água, o presente trabalho irá analisar e quantificar, com base no Modelo Linear de Mistura Espectral, a turbidez da água, que ocorre em função da presença de sólidos em suspensão, de acordo a variação do período de chuvas.

Entre muitos métodos de extração de informações associadas a parâmetros de qualidade da água, o sensoriamento remoto abriu uma nova perspectiva nos estudos hídricos por meio da análise da resposta eletromagnética deste recurso natural. Assim uma significativa quantidade de pesquisa vem sendo desenvolvida para criar métodos que atendam aos levantamentos deste tipo de medida hidrológica, com o intuito de fornecerem medidas espaciais quantitativas da coluna d'água (JENSEN, 2009).

De acordo com estudos realizados por Ferreira (2003) apesar do MLME - Modelo Linear de Mistura Espectral não ser enquadrado como um método de classificação de imagens é justamente neste aspecto que ele se difere dos demais métodos convencionais de classificação. Na verdade, seu propósito principal não é a obtenção de classes temáticas, onde os *pixels* são orientados de acordo com uma probabilidade de ocorrência, mas sim extrair as proporções dos materiais contidos em cada elemento da cena, também em função do comportamento espectral do alvo. Como resultado, obtém-se algo semelhante a uma “classificação suave” para cada componente.

Roberts et al., 1998, descreve que a fundamentação do modelo se baseia na possibilidade de uma imagem qualquer poder ser modelada por meio de uma combinação linear de espectros puros, conhecidos por *endmembers*.

Em função da forma de aquisição e da resolução espacial ou do GIFOV (*Ground Instantaneous Field Of View*), as imagens obtidas de sensores orbitais, apresentam uma mistura de *pixels*, apresentando a radiância como a mistura espectral decorrente de cada um dos componentes contidos no pixel, como também, o pixel pode se encontrar no limite entre dois ou mais materiais diferentes, conforme acentua (Shimabukuro e Smith, 1995).

As Figuras 1 e 2 ilustram tais fatores para a mistura. Em ambas as situações, a radiância dos alvos é combinada, dificultando a sua classificação. O MLME se propõe a modelar esta condição de mistura.

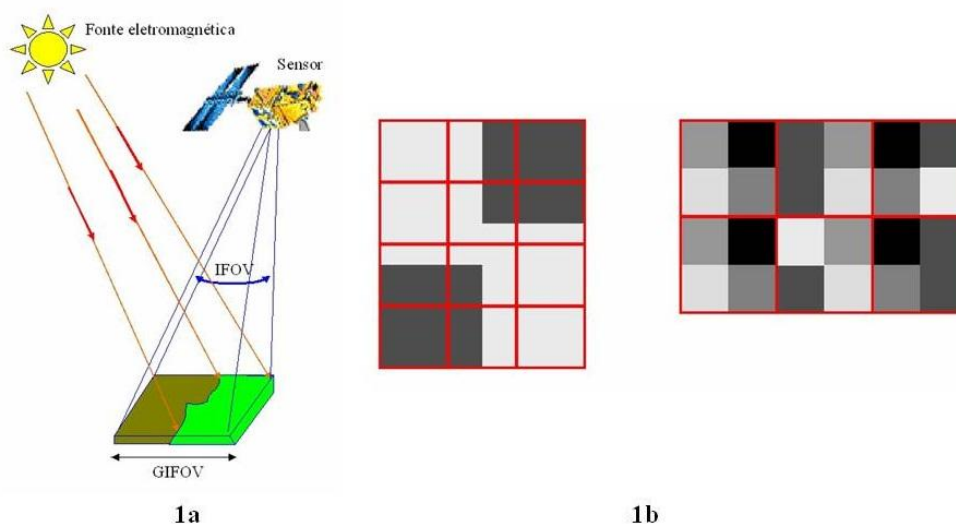


Figura 1a – GIFOV – Demonstração de mistura de feições e 1b - Limite dos pixels e a fronteiras dos alvos

Conforme pode ser observado na Figura 4, no desenho à esquerda, vemos o limite dos pixels linha vermelha na fronteira dos alvos. Já no desenho à direita observamos diferentes materiais contidos em um único *pixel*.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a consecução do objetivo proposto, foram utilizadas cenas de dois períodos diferentes do sensor LANDSAT 5 TM, uma compreendendo a época chuvosa (11/10/2005), e outra da época seca (23/07/2005). A justificativa destas datas se deu devido à qualidade das imagens obtidas em épocas de chuva em função da cobertura de nuvens.

Com a utilização da serie histórica de pluviosidade da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Norte, foi possível selecionar o único momento disponível condizente com os objetivos de pesquisa. A cena de 11/10/2005, posterior a um intervalo de 25 dias de chuva, sem presença expressiva de nuvens. As Figuras 3a e 3b, apresentam as cenas selecionadas correspondente ao período chuvoso e seco, bem como a localização da ETE Norte.

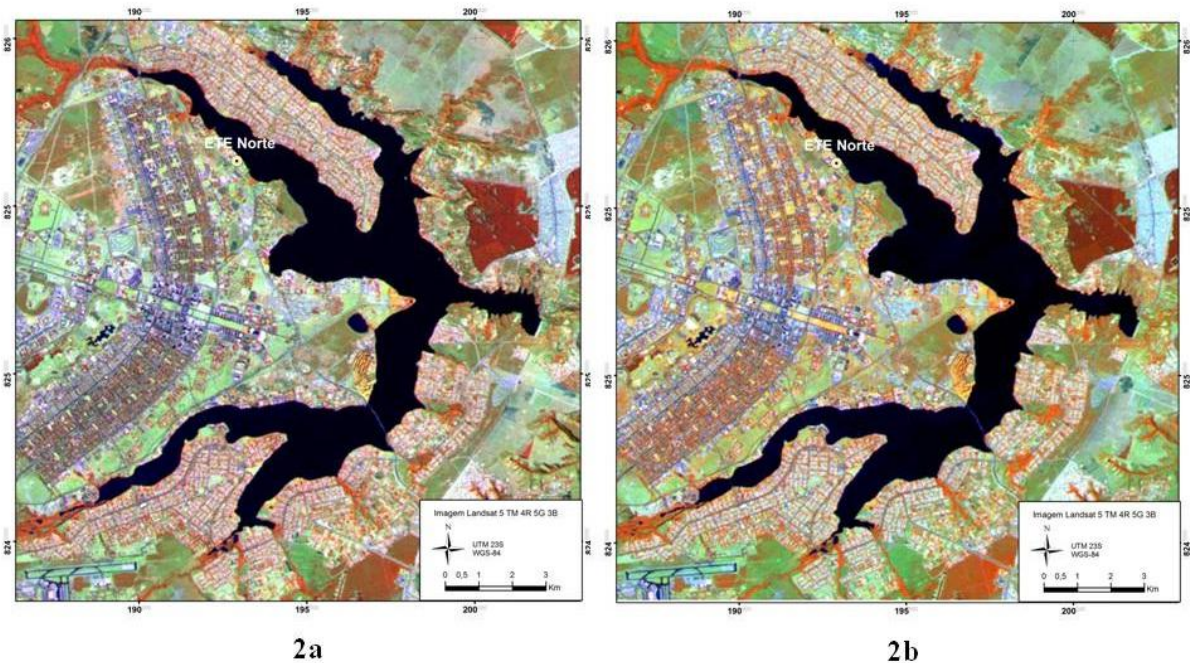


Figura 2a e 2b – Cena (4R 5G 3B) Landsat 5 TM+ do período chuvoso e período seco com a localização da ETE Norte

De posse das imagens apresentadas nas Figuras 2a e 2b, foi aplicado o processo proposto para geração do produto, de acordo com a Figura 3.

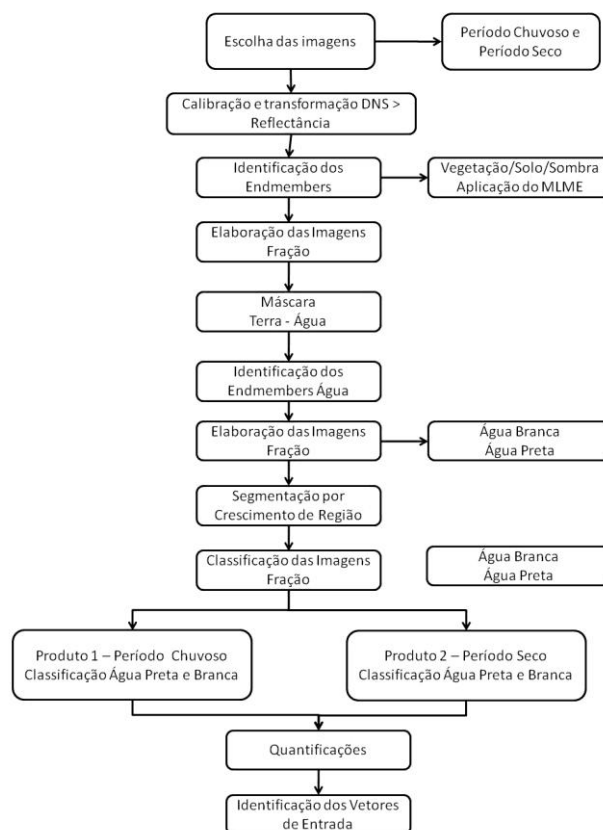


Figura 3 – Fluxo da geração do produto

Foram utilizadas as banda 3, 4 e 5 para favorecer a extração dos membros finais das classes selecionadas de vegetação, água e sombra. Com estas informações, pode-se gerar imagens-fração de cada classe utilizando o algoritmo de classificação espectral angular (*SAM*), que segundo Novo (2008) consiste de um algoritmo, desenvolvido para sistemas hiperespectrais, cujo método de análise dos vetores de um *pixel* no espaço n-dimensional de atributos e determinar o grau de similaridade entre curvas espectrais dos vários *pixels*.

As imagens-fração são algoritmos desenvolvidos em diversos *softwares* de geoprocessamento que possuem a função de transformar a informação espectral de um determinado *pixel* em valores de informação física de determinado *endmember* naquela célula da imagem (SILVA, 2008).

A Figura 4 apresenta o espaço n-dimensional de atributos com a delimitação do maior numero de *endmembers*, possibilitando identificar e separar as classes água “branca” e “preta”.

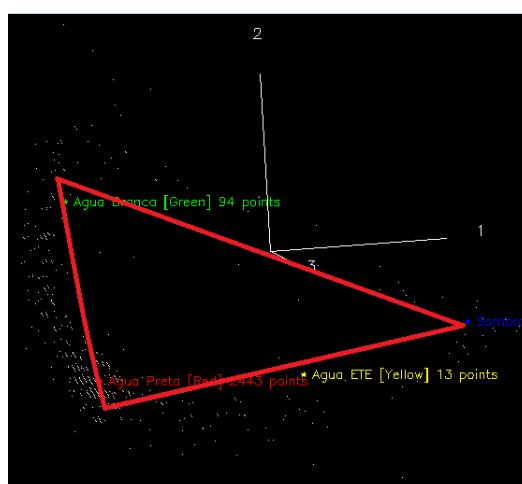


Figura 4 - Espaço n-dimensional com os membros finais água branca, água preta e sombra

### 3. Resultados e Discussão

Com a aplicação da metodologia proposta, foi possível obter informações associadas à turbidez do lago Paranoá, DF, em dois períodos distintos - chuvoso e seco, bem como identificar e quantificar a variação espacial dos sólidos em suspensão no espelho d'água, Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 e Tabelas 1 e 2.

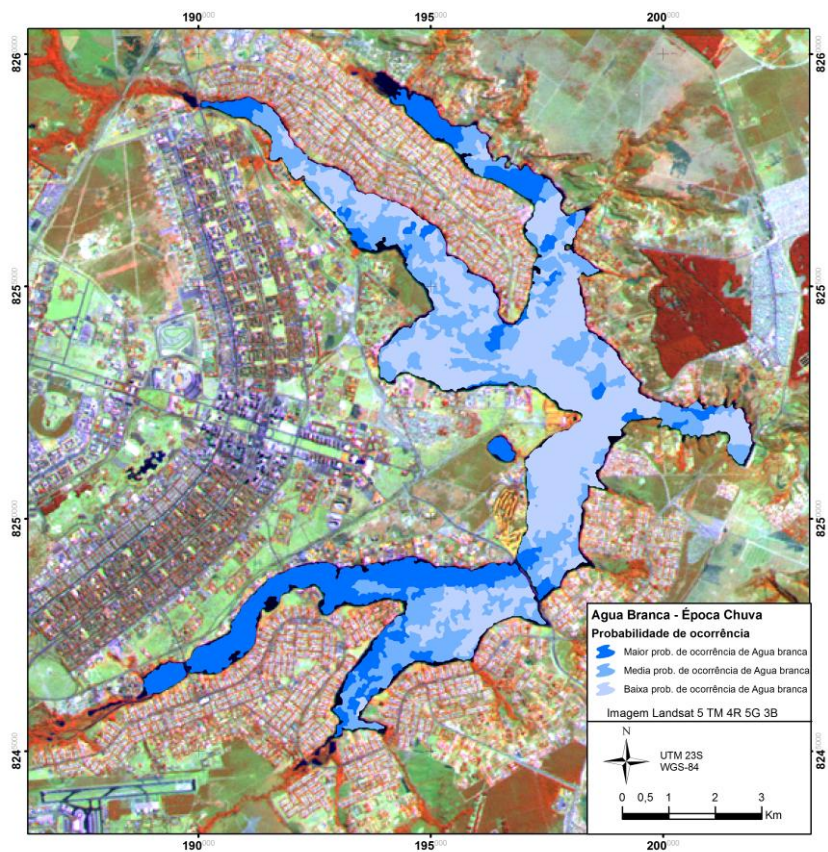


Figura 5 – Água Branca em época de chuva

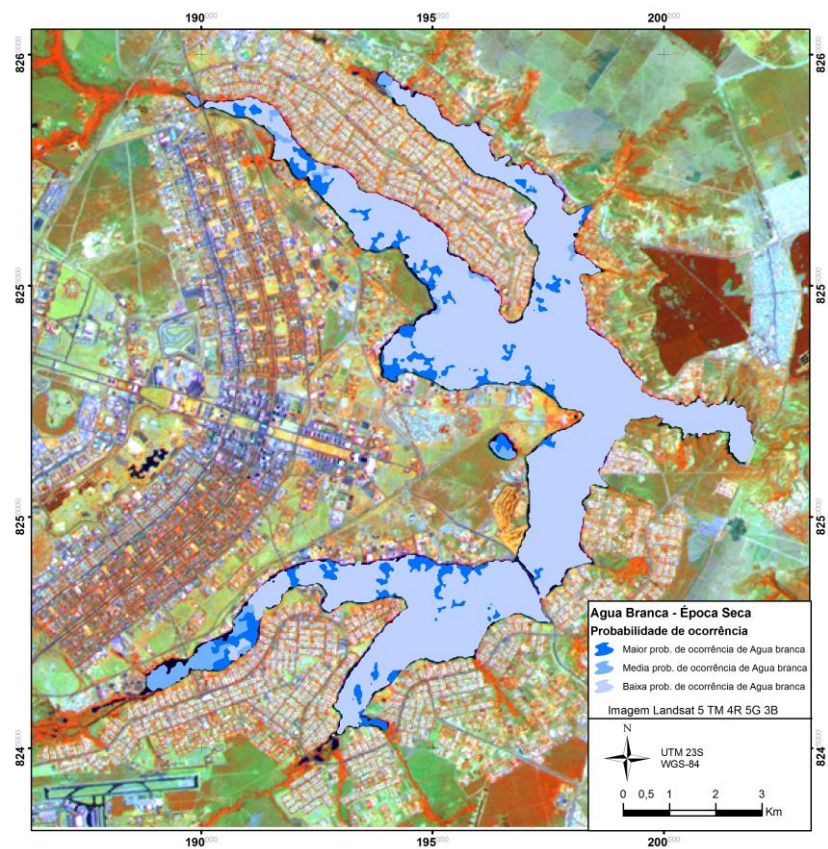


Figura 6 – Água branca em época de seca

Tabela 1 – Análise da probabilidade de ocorrência da água branca

Classes	Probabilidade de ocorrência	Área (km <sup>2</sup> )	
		Época de Chuva	Época de Seca
1	Maior	8,4321	3.1350
2	Média	10.9187	1.3376
3	Menor	16.9290	8.4043
<b>Total da área analisada pelo método</b>		<b>35.2207</b>	<b>36.3102</b>

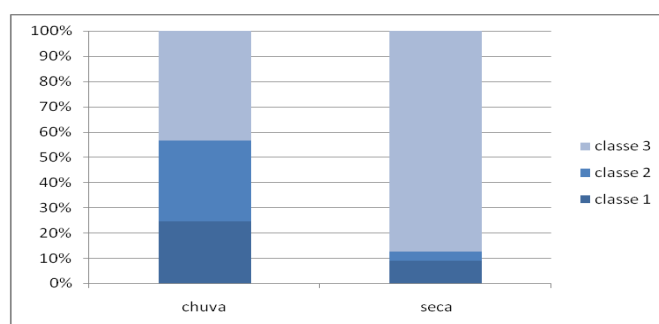


Figura 7

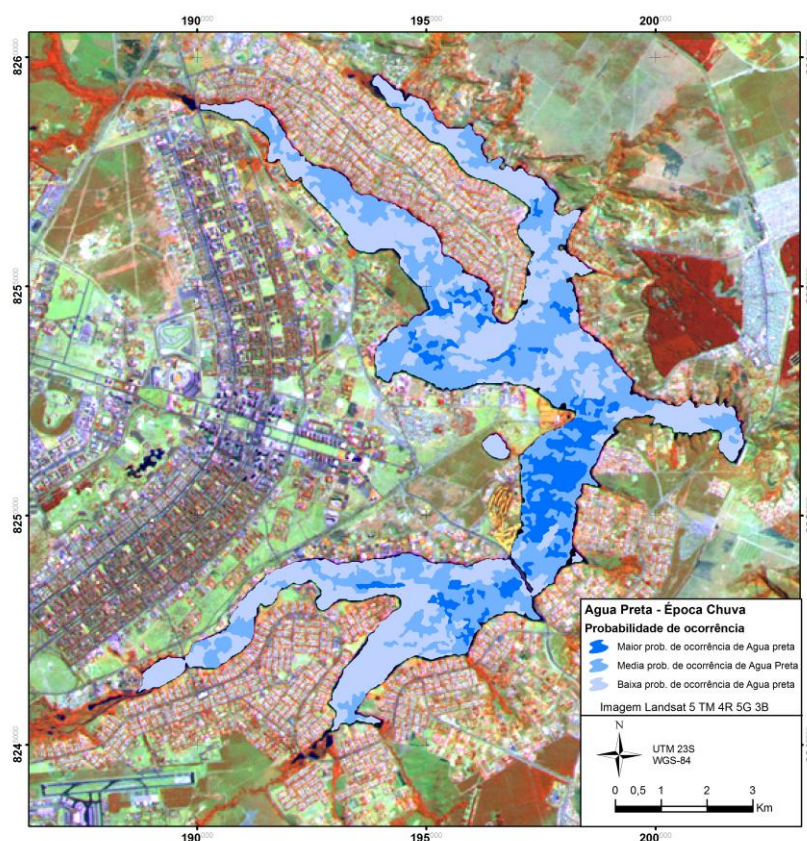


Figura 8 – Água preta em época de chuva

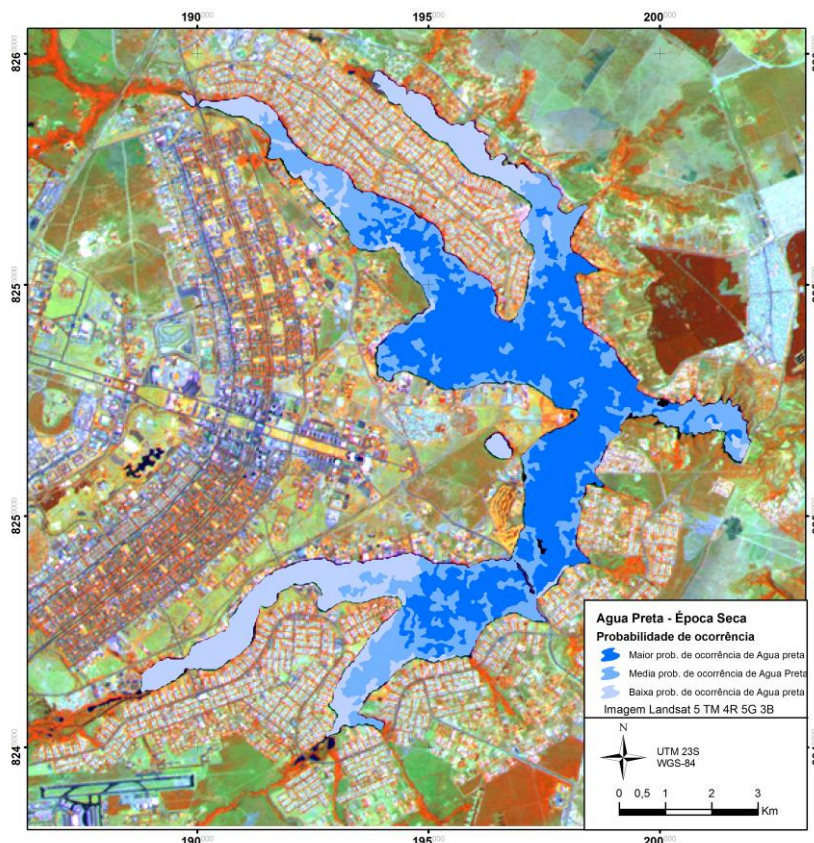


Figura 9 – Água preta em época seca

Tabela 2 – Análise da probabilidade de ocorrência da água preta

Classes	Probabilidade de ocorrência	Área (km <sup>2</sup> )	
		Época de Chuva	Época de Seca
1	Maior	3.854	16.5272
2	Média	14.4374	11.3787
3	Menor	16,9290	8.4043
<b>Total da área analisada pelo método</b>		<b>35.2207</b>	<b>36.3102</b>

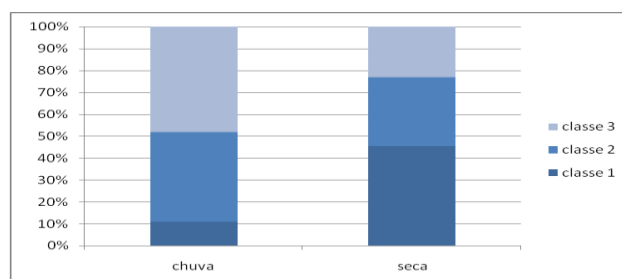


Figura 10 - Gráfico da quantificação da água branca

Analisando-se os dados das Tabelas 1 e 2, pode-se observar que a probabilidade “Maior”, representa a maior contribuição no comportamento puro da água, e a probabilidade “Baixa” a menor contribuição, tanto para identificação da água branca como da água preta.

#### 4. Conclusão

Pode-se concluir que a aplicação do MLME representa uma ferramenta de grande potencialidade para os processos de planejamento ambiental, notadamente nos estudos de dispersão de poluentes, permitindo mapear o contato entre água branca e água preta, de modo a separar domínios de diferentes densidades e temperaturas, determinando e quantificando a distribuição espacial de diferentes tipos de água.

#### Referências Bibliográficas

Baptista, G. M. M. Identificação de áreas degradadas por meio de sensoriamento remoto e seus impactos ambientais. In: Mineração e áreas degradadas no cerrado. Corrêa, R. S.; Baptista, G. M. M. (Org.). Ed. Universa, cap. 21, p. 81-104.

Ferreira, M. E. Análise do modelo linear de mistura espectral na discriminação de fitofisionomias do parque nacional de Brasília (bioma cerrado) Dissertação de Mestrado, disponível em: <http://www.unb.br/ig/posg/mest/Mest172/>, acessado em 12 de Nov. de 2010.

Jensen, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São Jose dos Campos: Parênteses, 2009. 604p.

Novo, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Editora Blucher, 3 ed., 2008. 363p.

Roberts, D. A.; Gardner, M.; Church, R.; Ustin, S.; Scheer, G.; Green, R. O. Mapping Chaparral in the Santa Monica Mountains using multiple endmember spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 65, p. 267-279, 1998.

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. Fraction images derived from Landsat TM and MSS data for monitoring reforested areas. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 21, n. 1, p. 67-74, 1995.

Silva, W. C. S. Aplicação da técnica de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) para o mapeamento de diferentes tipos de água no rio Solimões e no lago de Coari utilizando imagens Landsat 5 TM. 2008. 109p. Dissertação (Mestrado em ciências em engenharia civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, engenharia civil, Rio de Janeiro. 2008.