

A utilização da linguagem GRID na tentativa de discriminação de ambientes aquáticos do reservatório da UHE Samuel a partir de dados do sensor Landsat/TM

PAULO COUTINHO¹
NAZIANO FILIZOLA JR.²

¹Aneel - Agência Nacional de Energia Elétrica
SIH - Superintendência de Informações Hidrológicas
SGAN 603 Módulo J – CEP 70830-030 – Brasília - DF, Brasil
coutinho@aneel.gov.br

²NEA – CCA, Universidade do Amazonas
69000-000 Manaus - AM, Brasil
filizola@cict.fr

Abstract This research describes a way to separate aquatic targets in the reservoir of Samuel Hydroelectric Power Plant, State of Rondônia, Brazil, through the module GRID adapted by the North American company ESRI and available in its SIGs ArcInfo/ArcView. The procedures to separate the targets are synthesized in mathematical processes among spectral channels of TM-Landsat 5 sensor. This simple methodology showed the high performance of the GRID, in spite of the limitations of this structure developed to another's purposes.

Keywords aquatics targets, hydroelectric reservoir.

1 Introdução

Este trabalho é um produto do acompanhamento de técnicos da Aneel às campanhas do Projeto Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa (ELETROBRÁS/MCT/FUNDAÇÃO COPPETEC-UFRJ), realizadas no escopo do Projeto BRA/95/G31 (Acordo MCT/ANEEL/PNUD).

O uso de imagens de satélites para monitoramento de reservatórios, em especial, o desenvolvimento de plantas de ambientes aquáticos, utilizando uma linguagem de manipulação, a linguagem GRID, não é bastante comum, já que esta linguagem, disponível no sistema ARC/INFO GRID e ArcViewGIS Spatial Analyst, foi desenvolvido para operar sobre geo-campos temáticos e numéricos.

Operações matemáticas, como processamento e classificação de dados de sensoriamento remoto, são utilizadas em sistemas mais apropriados. No entanto, a linguagem GRID, mesmo não sendo bem aceita por alguns autores, tem demonstrado resultados consideráveis no processo de delimitação e reconhecimento de alguns ambientes aquáticos.

Há de se destacar que não houve trabalho de campo específico para o reconhecimento dos alvos, apenas uma visita ao reservatório com a observação superficial da área (reconhecimento de ambientes aquáticos sem discriminação de espécies).

2 Situação do reservatório

O reservatório da UHE Samuel (Eletronorte), instalada no Rio Jamari, localiza-se na porção noroeste do Estado de Rondônia, a leste da capital Porto Velho (a 55 km), mais precisamente, entre os pares de coordenadas aproximadas mínimas e máximas de E 63°30' S 9°35' e E 63°00' S 8°45', respectivamente. Sua extensão lateral chega a 20 km na parte mais extensa.

A vegetação na região limita-se a classe de Floresta Ombrófila Aberta Submontana [RADAMBRASIL (1978)]. Já no reservatório, com a pouca variação altimétrica, o alagamento estagnou-se em níveis rasos com grande exposição de ambientes aquáticos, dominados por grande quantidades de árvores emersas, conhecido como “paliteiros”. As espécies de plantas aquáticas flutuantes e submersas(macrófitas) habitam, às vezes, junto aos “paliteiros”, às margens dos diques e aos redores das ilhas, estas últimas apresentando mata densa nativa preservada (Floresta Tropical Densa).

3 Materiais e métodos

Para uma tentativa de caracterizar os ambientes aquáticos, foram utilizadas imagens TM/Landsat (órbita/ponto 232/66, bandas TM 3, 4 e 5), referentes às datas de 27/07/96 e 17/07/97.

A utilização da linguagem GRID teve o início com a conversão das imagens em formato TIFF e IMG para o formato GRID. Cada banda TM transforma-se num conjunto de células com espaçamento regular, herdando assim, as características de resolução e valores numéricos digitais(DN) de cada pixel nas imagens. Após esta fase, gerou-se novos grids a partir da filtragem *low frequency* (passa baixa) dos DN, utilizando uma matriz 3x3 (9 elementos). Após a filtragem, foi aplicada a operação aritmética de razão entre bandas, especificamente, entre os grids das bandas. Estas razões foram determinadas com base nos comportamentos dos alvos em cada banda.

A visita à UHE Samuel no período de 04 a 08 de maio, visou o acompanhamento, o aprendizado e a coleta de dados na campanha de medição de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), junto a pesquisadores de universidades e um técnico da ELETROBRÁS. Neste trabalho de campo, utilizou-se mapas preparados em gabinete contendo imagens de satélites, e produtos das operações matemáticas entre as bandas espectrais, citadas anteriormente. O reconhecimento das paisagens(ecossistema) dentro do reservatório limitou-se à observação superficial, já que o tempo de trabalho de campo (3 dias), não era o suficiente para a realização de um trabalho duplo: **a)** o processo de instalação e desinstalação de equipamentos e; **b)** a observação detalhada das espécies aquáticas.

Com base no fato de que a vegetação apresenta picos de reflectância na faixa de 0,76-0,90 μm (TM4) e comportamento praticamente oposto dentro do intervalo 0,63-0,69 μm (TM3), foi estimada a influência da vegetação através de um GRID de valores flutuantes, representando a razão entre estas bandas(TM4/TM3). A partir daí, procurou-se delimitar, com maior detalhe, as áreas propícias à ocorrência de espécies aquáticas(macrófitas, daninhas, etc.). Estas áreas seriam

as margens dos rios afluentes do reservatório, uma grande área alagável ao sul do reservatório, e as “praias” em beiras de ilhas. Sendo todas estas áreas alagáveis, baseou-se na teoria de que após a estabilização do reservatório, o aumento de nutrientes e de matéria orgânica no sedimento, juntamente com a elevação de luz na coluna de água, pode estimular o desenvolvimento de espécies aquáticas submersas [Thomaz (1998)].

Em imagem de satélite Landsat5 TM, o comportamento espectral das áreas alagáveis, se apresenta com picos de reflectância na faixa da banda TM5(1,55-1,75 μm). Com isso, executando a razão entre as bandas TM5 e TM3 denotam-se alvos de áreas alagáveis, água e vegetação densa, com boa distinção. A razão entre as bandas TM5 e TM4 também não foi descartada, apesar de apresentar DN's idênticos entre os alvos água de baixa profundidade e vegetação densa (**Tabela 1**). Desta forma, novos GRIDs *ratio* de DN do tipo flutuante foram gerados. Grandes expressões de distintas tonalidades se apresentaram em nove classes geradas automaticamente pelo sistema, sendo que, o usuário pode modificá-las por tipo de classificação, número de classes, número de dígitos e casas decimais.

Tabela 1 – Valores digitais numéricos médios de alguns alvos por banda e razão entre bandas.

ALVO	TM3	TM4	TM5	TM4/TM3	TM5/TM3	TM5/TM4
Área alagada	15	13	52	0,86	3,46	4
Vegetação densa	8	26	17	3,25	2,125	0,65
Área desmatada	16	22	40	1,375	2,5	1,81
Água(baixa profundidade)	6	4	2	0,666	0,333	0,5

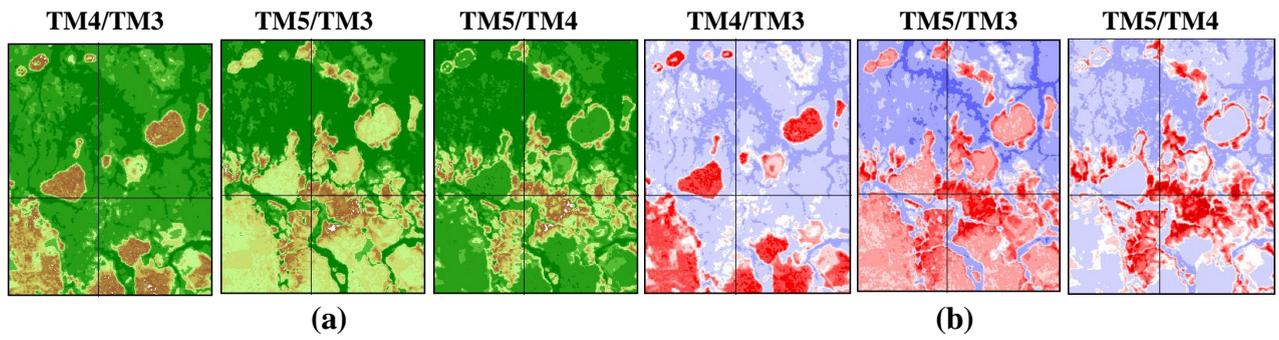
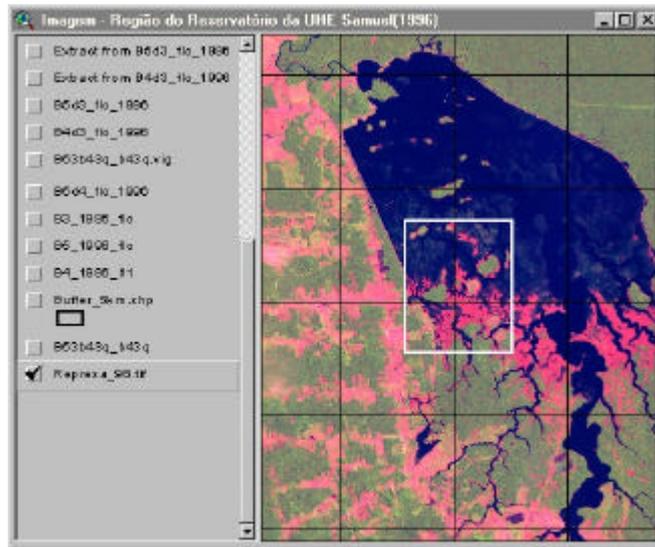
Como o sistema para análises utilizado oferece recursos de operações matemáticas (funções aritméticas, logarítmicas e trigonométricas), partiu-se para uma tentativa de unir os dados de influência de vegetação com as de áreas alagadas, onde seriam os *habitats*, em potencial, das plantas aquáticas submersas. Assim, foram gerados novos GRIDs com DN mínimo 1, a partir das operações seguintes:

- $(\text{TM5/TM3} + \text{TM4/TM3})/(\text{TM4/TM3})$;
- $(\text{TM5/TM3} + (\text{TM4/TM3})^2)/(\text{TM4/TM3})^2$;
- $(\text{TM5/TM4} + \text{TM4/TM3})/(\text{TM4/TM3})$;
- $(\text{TM5/TM4} + (\text{TM4/TM3})^2)/(\text{TM4/TM3})^2$.

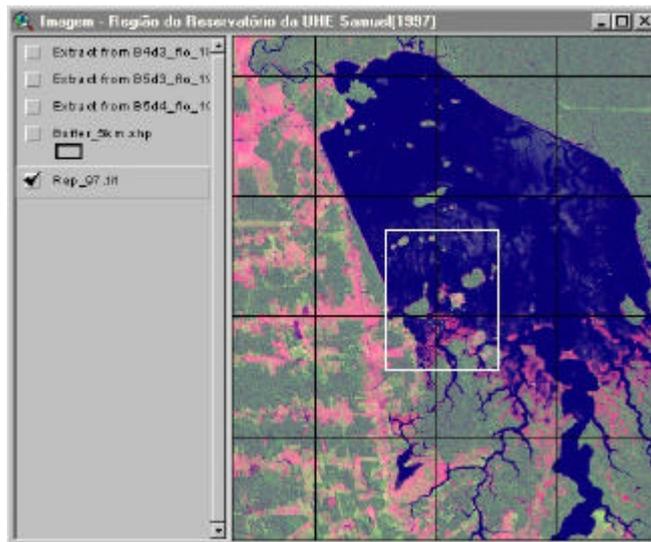
4 Resultados e discussões

As operações de razões entre bandas se apresentam na **figura 2**, com as classificações discriminadas em intervalos iguais e desvio padrão, **(a)** e **(b)**, respectivamente.

- 1996 -



- 1997 -



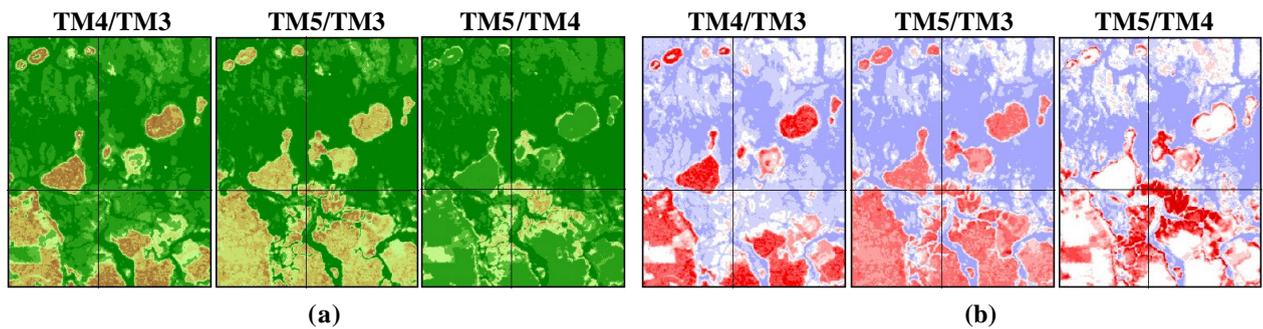
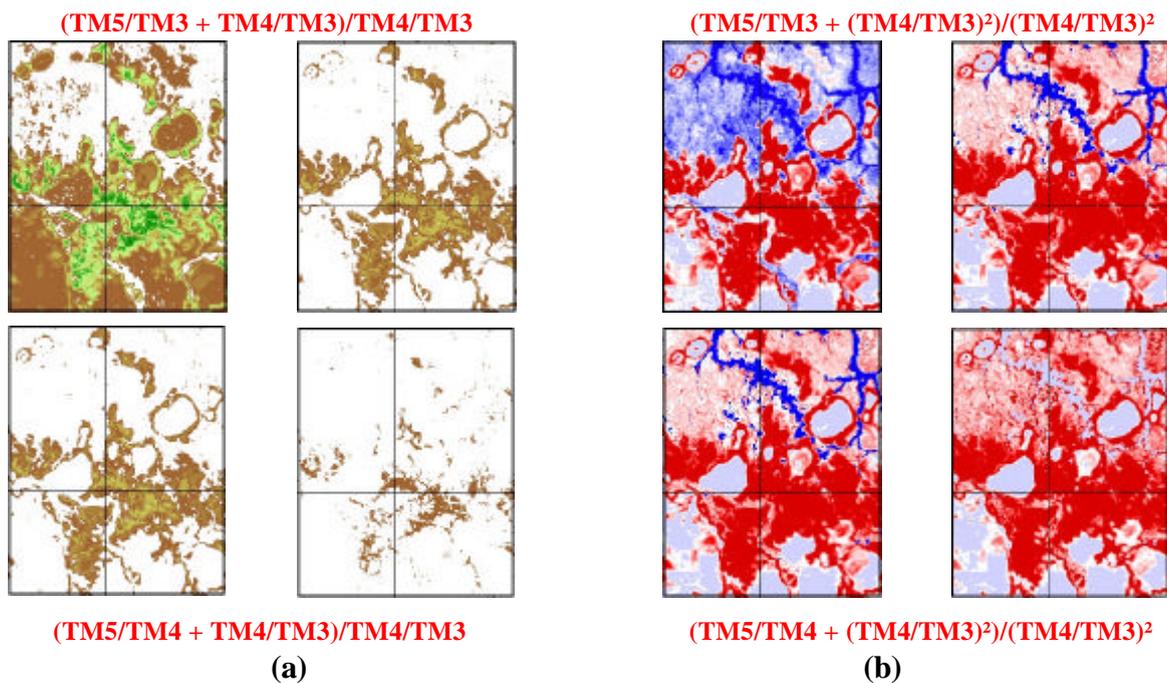


Figura 2 – Imagem TM Landsat5, RGB-5,4,3 de 27/07/1996 e 17/07/1997 contendo retângulo de onde foram extraídos os GRIDs referentes às razões entre as bandas TM4, TM3 e TM5. **(a)** GRIDs classificados por intervalos iguais. **(b)** GRIDs classificados por desvio padrão.

As cores graduadas discriminam razoavelmente o comportamento dos alvos em cada banda espectral. Pode-se observar a vegetação sendo representada por valores mais altos na razão TM4/TM3 (tons de marrom – **a**, e vermelho – **b**), e valores médio-baixo na razão TM5/TM4 (verde e branco, **a** e **b**, respectivamente). Esta última, na classificação por desvio padrão, demonstrou os alvos de mata densa se confundindo com alvos de água em ambiente de baixas profundidades. Já a razão TM5/TM3 denota os alvos de áreas com mata densa, águas rasas, águas profundas e áreas alagadas de forma menos confusa. Porém, para a melhor discriminação de ambientes aquáticos com macrófitas submersas, seria necessário adicionar os DNs que representam estas espécies. Elas estariam levemente representadas na razão TM4/TM3 aos redores de ilhas e bordas de áreas alagáveis, porém não ficou bem discriminado, talvez pelas reais dimensões deste alvo.

Os produtos das operações matemáticas são as que foram mencionadas na parte final do item 3, e os DNs obtidos foram classificados também pelos tipos valores iguais **(a)** e desvio padrão **(b)**.

- 1996 -



- 1997 -

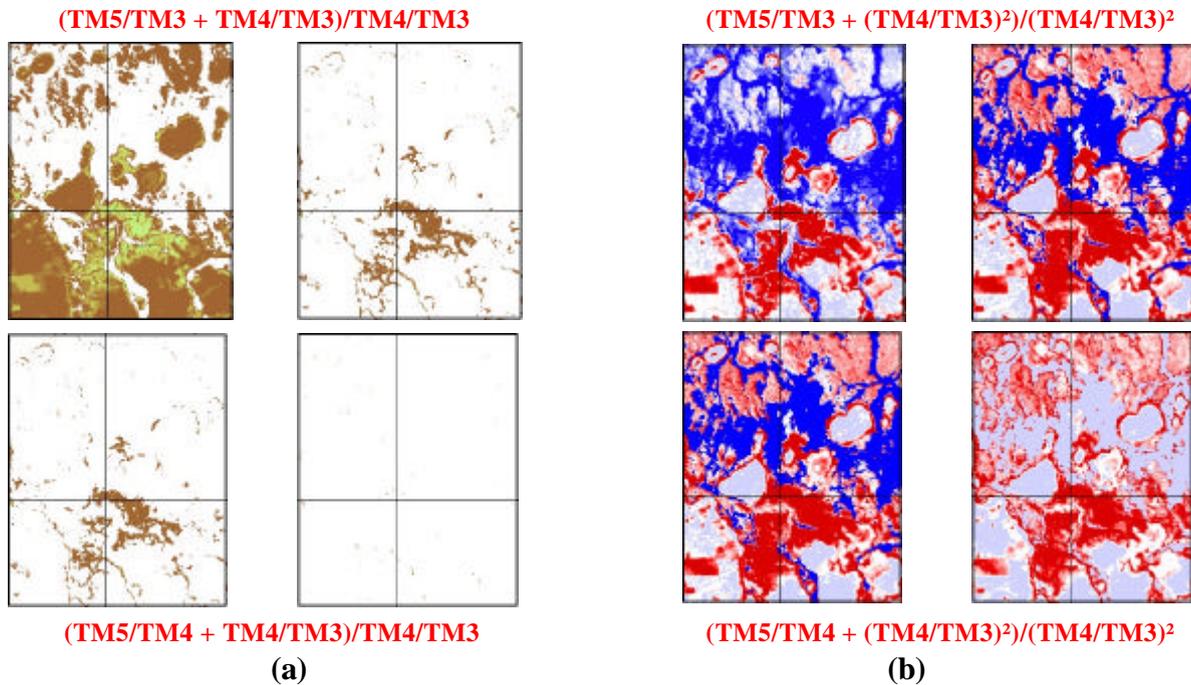


Figura 3 – Produtos das operações aritméticas realizadas com GRIDs *ratio* entre as bandas TM3, TM4 e TM5, referentes aos de 1996 e 1997. GRIDs classificados por: (a) intervalos iguais e (b) desvio padrão.

O conjunto de GRIDs ilustrado acima confirmou a expectativa de que a execução de operações matemáticas em DN, adquiridos pela linguagem em questão, pode ser considerável. Os alvos de áreas alagáveis estão melhor delimitadas, e ainda, observa-se as dimensões destes alvos relativos ao ano de 1996, mais amplas em comparação à imagem de 1997. Consequentemente, resultado inverso ocorre com alvo de água em níveis mais profundos - provavelmente o reservatório estaria com o nível fluviométrico mais alto no último ano, apesar das imagens serem de mesmo período.

Os GRIDs gerados pelas operações $(TM5/TM3 + (TM4/TM3)^2)/(TM4/TM3)^2$ e $(TM5/TM4 + TM4/TM3)/(TM4/TM3)$ tiveram os mesmos resultados (**Tabela 2**), e foram os que apresentaram melhor discriminação entre os alvos. A classificação por valores em intervalos iguais marcaram bem as dimensões dos alvos de maior reflectância, as áreas alagáveis. Já a classificação por desvio padrão, apresentou DN baixos que discriminaram a mata densa das águas profundas, e DN medianos a altos, que separaram as áreas alagáveis das áreas com baixas profundidades.

Tabela 2 – DNs representativos de operações aritméticas para os alvos do reservatório. Valores obtidos a partir dos DNs da Tabela 1.

ALVO	$(TM5/TM3+TM4/TM3)/$ $/(TM4/TM3)$	$(TM5/TM3+(TM4/TM3)^2)/$ $(TM4/TM3)^2$	$(TM5/TM4+TM4/TM3)/$ $(TM4/TM3)$	$(TM5/TM3+(TM4/TM3)^2)/$ $/(TM4/TM3)^2$
Área alagada	5,023	5,678	5,651	6,408
Mata densa	1,6538	1,201	1,2	1,061
Área desmatada	2,8181	2,3223	2,3163	1,957
Água (baixa profundidade)	1,5	1,750	1,750	2,127

Para visualização em matizes de cores dos dados mencionados anteriormente, gerou-se composições coloridas falsa-cor usando GRIDS convertidos em imagens. A primeira imagem (**Figura 4a**) consiste na combinação das imagens *ratio*, referentes à cena de 1996, de TM5/TM3, TM4/TM3 expressas nos canais vermelho e verde, respectivamente, e a operação $(TM5/TM4 + TM4/TM3)/(TM4/TM3)$ no canal azul. A segunda imagem (**Figura 4b**) é a combinação dos produtos das operações $(TM5/TM4 + TM4/TM3)/(TM4/TM3)$, $(TM5/TM3 + TM4/TM3)/(TM4/TM3)$ e $(TM5/TM4 + (TM4/TM3)^2)/(TM4/TM3)^2$, nos canais vermelho, verde e azul, respectivamente.

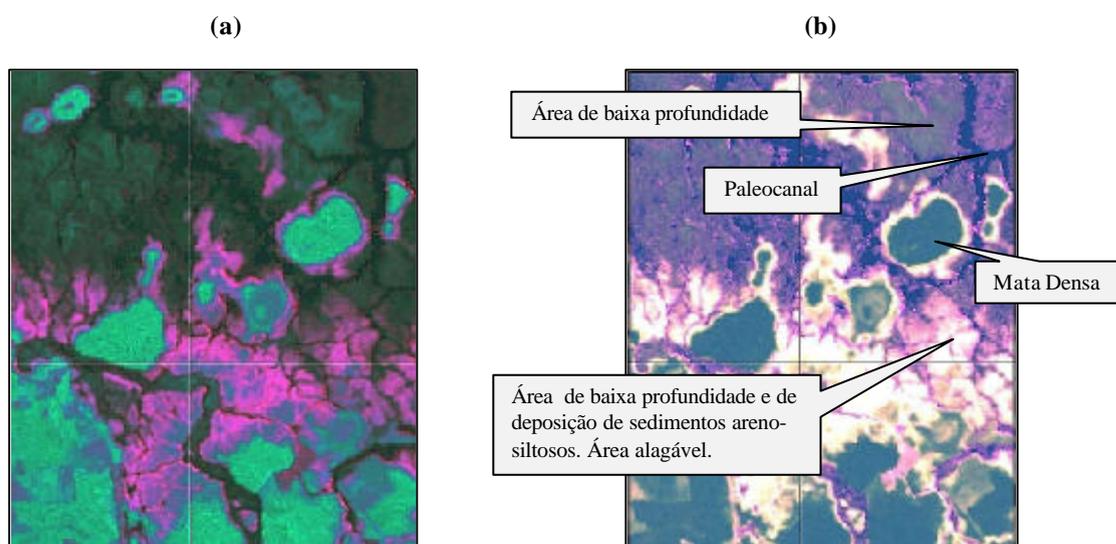


Figura 4– Imagens geradas a partir de combinações entre GRIDs *ratio* e GRIDs de operações aritméticas, referentes ao ano de 1996.

5 Considerações finais

Em períodos chuvosos, a oscilação do nível fluviométrico de um reservatório pode causar a mortalidade de espécies vegetais que habitam as áreas vizinhas ao lago. Os solos que as sustentam são carregados (lixiviados) pelas correntezas, carregando árvores nativas e outras espécies vegetais que desabam e deslocam-se para fundo do lago. Desta forma, aumenta a quantidade de biomassa terrestre inundada, e mais tarde, se decompõe através de processos de

decomposição bacteriana (aeróbica e anaeróbica) da matéria orgânica (alóctone e autóctone), dando início ao processo de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente o gases CO₂ (gás carbônico) e CH₄ (metano). Outra consequência dos processos erosivos é o início e/ou o aumento do processo de assoreamento de reservatório, causando, em princípio, a redução da vida útil de um empreendimento hidrelétrico. Ainda nos períodos chuvosos, as espécies vegetais aquáticas (macrófitas) se desprendem dos sedimentos, sendo carregadas em direção às turbinas e retidas pelas grades de proteção. Após retenção, o fluxo de água se reduz e a eficiência das turbinas também [Pitelli (1998)], causando redução da capacidade de geração de energia, com consequências econômicas e sociais.

A partir das informações acima, observou-se que os resultados, anteriormente ilustrados, ratificam que a linguagem GRID pode ser uma grande ferramenta para a determinação e quantificação, principalmente sazonal, de reservatórios colonizados por espécies de plantas aquáticas flutuantes e submersas. Estes resultados, ainda, demonstraram que áreas de baixa profundidade, ou seja, áreas de grande potencial para altas emissões de gases de efeito estufa, apresentaram-se bem discriminados e representativos. Esta metodologia tornar-se-á mais convincente após o aumento de estudos detalhados em campo, junto a aquisição de imagens de satélites de anos anteriores e posteriores à cena de 1996.

Obtendo-se valores de emissões de GEE, junto a ocorrências de espécies aquáticas, informações planialtimétricas (batimetria), ações antropogênicas, substrato rochoso, pedologia e vegetação, ter-se-á um monitoramento de reservatórios de usinas hidrelétricas teoricamente mais confiável. O método englobaria todas as informações ambientais da região de estudo, fornecendo dados claros e convincentes para um bom monitoramento dos reservatórios.

Referências

- RADAMBRASIL, Projeto. *Levantamento de Recursos Naturais, Folha SC.20 – Porto Velho, Vol. 16*. DNPM/Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, 1978.
- Pitelli, R.A.(1998) *Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas*. Workshop Controle de Plantas Aquáticas - Resumos, 12, Brasília.
- Thomaz, S.M.(1998) *Explosões populacionais de plantas aquáticas: sintoma de um problema*. Workshop Controle de Plantas Aquáticas – Resumos, 16, Brasília.