

## **A utilização de imagens ASTER na investigação de unidades vulcano-sedimentares na porção centro-oeste do RS através da análise por componentes principais**

Jussara Alves Pinheiro Sommer<sup>1</sup>  
Carlos Augusto Sommer<sup>1</sup>  
Dejanira Luderitz Saldanha<sup>1</sup>  
Evandro Fernandes de Lima<sup>1</sup>  
Ronaldo Pierosan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Instituto de Geociências Av.  
Bento Gonçalves, 9500 - 91509-900, Porto Alegre-RS, Brasil

{japsommer, casommer} @sinos.net  
{dejanira.saldanha, evandro.lima} @ufrgs.br  
rpierosan@hotmail.com

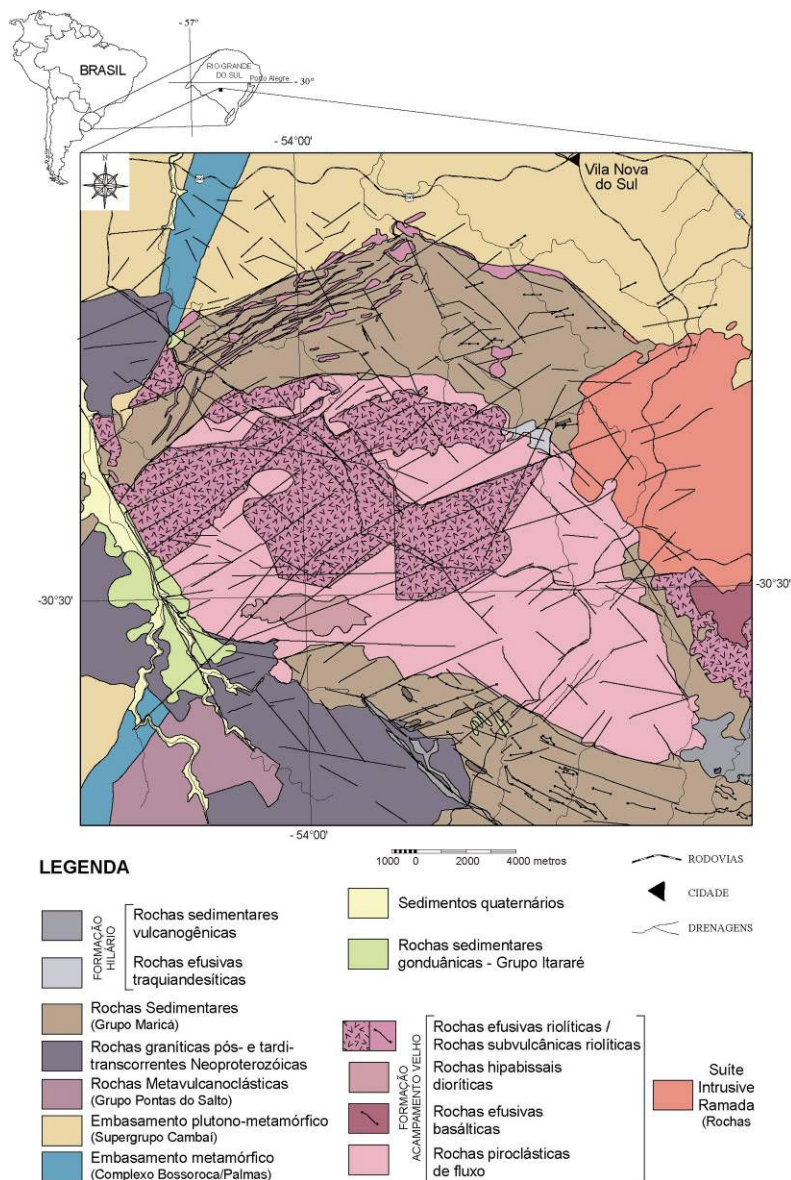
**Abstract.** In this work were utilized images obtained from the ASTER sensor to identify the volcano-sedimentary lithologies in the Ramada Plateau area, situated closed to Vila Nova do Sul town, in the southernmost Brazil. The selective principal component analysis technique was used in the digital image processing, because it provided the best results enhancing the existent spectral differences of the studied lithologies. In this processing were utilized only two spectral bands to reduce the data dimensionality, permitting a better interpretation of them. The PC2 image present the differential information of the scene, representing the spectral contrast of the two original bands and was generated a color composite image from the PC's2 images of the pair of bands 4-5 (R), 3-4 (G) and 8-9 (B). This image has shown the spectral differences between volcanic rocks of the Ramada Plateau and the sedimentary rocks of the Maricá Group and its individualization in two sub-units, mainly considering the concentration of rhyolitic dykes and sills in the north of the area.

**Palavras-chave:** remote sensing, geological mapping, principal components, sensoriamento remoto, mapeamento geológico, componentes principais.

### **1. Introdução**

Técnicas de processamento de imagens possibilitam uma série de manipulações nas imagens brutas, visando o realce das informações de interesse. O uso de métodos estatístico-matemáticos no processamento diminui o volume de dados registrados pelos sensores e permitem diferenciar e extrair informações das imagens de satélite. As principais técnicas de processamento de imagens são: composições coloridas, aumento de contraste, operações aritméticas, filtragens, análise por componentes principais, classificação de imagens e georreferenciamento.

Neste estudo foram utilizados dados extraídos do sensor ASTER (TERRA), face a maior eficácia na identificação de diferentes tipos de rochas, em especial as unidades vulcano-sedimentares, da área do Platô da Ramada, porção centro-oeste do RS (Pinheiro-Sommer et al., 2006). O Platô da Ramada constitui-se numa feição geomorfológica com cerca de 200Km<sup>2</sup> e altitude média de 400m, localizado a cerca de 20 km ao sul de Vila Nova do Sul, na porção centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul (**Figura 1**). Caracteriza-se por uma associação não deformada de rochas vulcânicas, piroclásticas e intrusões subvulcânicas de composição básica à ácida (Sommer et al., 2005). O embasamento do Platô inclui associações granítico-gnáissicas, básicas-ultrabásicas, granitóides e rochas sedimentares (pelitos e arenitos) do Grupo Maricá.



**Figura 1** – Mapa geológico da região do Platô da Ramada (Pinheiro-Sommer et al., 2006).

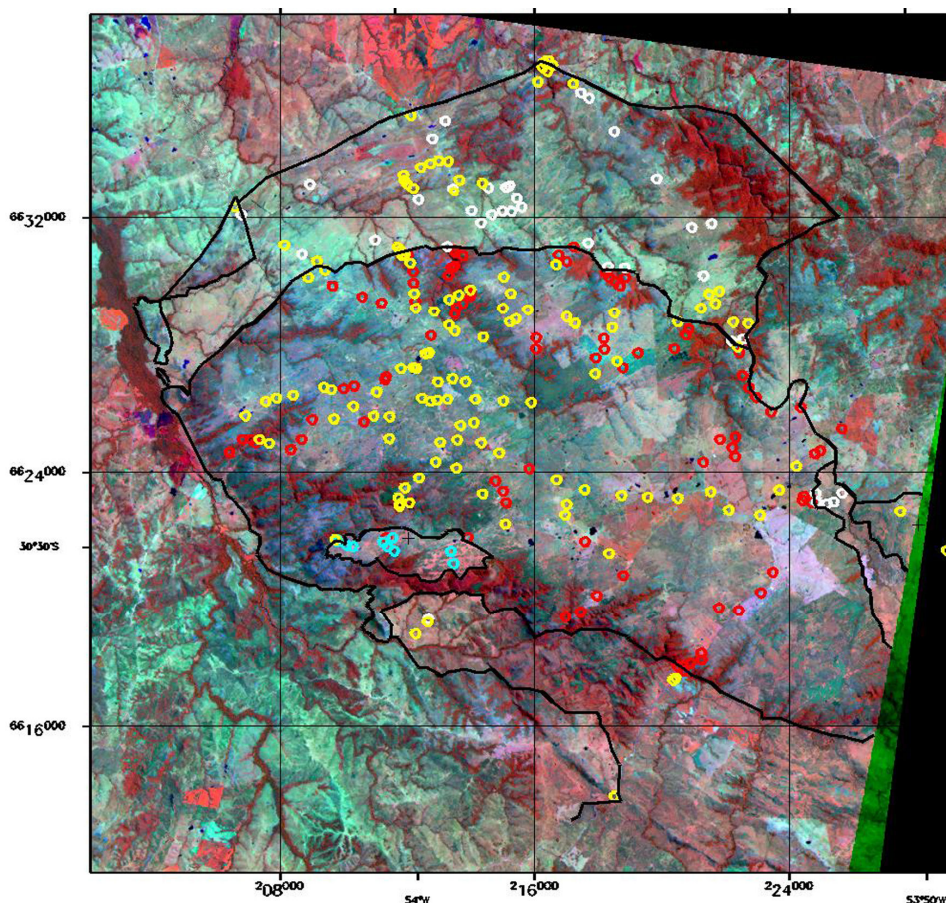
## 2. Métodos e procedimentos

A imagem utilizada foi cedida pelo Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS), cujos dados registrados datam de 27/02/2002. Foi realizado o recorte da cena, redimensionando-a em 1894 linhas por 1990 colunas. Nos processamentos de realce da imagem digital utilizou-se o programa ENVI 4.0 do Departamento de Geodésia (IG-UFRGS).

Após a análise visual preliminar das bandas acromáticas gerou-se uma composição colorida 3-4-1 (RGB), de 30m de resolução espacial, com aumento de contraste gaussiano, incluindo a banda 4 do infravermelho de ondas curtas possibilitando uma melhor definição espectral das rochas (**Figura 2**). Nesta imagem a vegetação densa e arbórea é representada pela cor vermelha, enquanto a vegetação rasteira aparece na cor vermelha clara. O solo ou substrato rochoso apresenta a cor magenta, tendendo para o verde no centro do Platô e para o azul na borda oeste-sudoeste. Observa-se, neste caso, uma diferenciação espectral entre o Platô da Ramada (rochas vulcânicas) e o Grupo Maricá (rochas sedimentares), formando um

arco ao longo do contato. O Grupo Maricá apresenta coloração que varia do salmão (NW) ao verde claro (N-NE), predominando o magenta no Platô. Na porção norte do Grupo Maricá os lineamentos de direção NE-SW, bem como ao S-SE do Platô, estão realçados na cor verde. Constatou-se uma maior concentração de corpos riolíticos ao norte do Grupo Maricá, em forma de diques ou *sills* com dimensões métricas. Ao sul do Platô, constata-se a presença de diques riolíticos com maiores dimensões, mas em menores concentrações em relação à porção norte, destacados na imagem pela cor magenta.

Pontos de amostragem, obtidos em mapeamentos anteriores da área do Platô foram sobrepostos à imagem ASTER RGB 3-4-1 visando identificar espacialmente os padrões de distribuição dos diferentes litotipos e investigar as diferenças espectrais entre eles (**Figura 2**). Foram selecionadas amostras representativas de arenitos do Grupo Maricá e de rochas vulcânicas (riolitos e ignimbritos). Observa-se nesta imagem que os pontos referentes a riolitos e ignimbritos apresentam uma distribuição espacial aleatória dentro do Platô, muitas vezes intercalando-se. Pode-se, entretanto, registrar a presença preferencial dos riolitos associados aos lineamentos e, nas porções N-NE do Maricá, em grande concentração, na forma de diques e *sills*. Ao sul, os riolitos ocorrem na forma de diques de maior expressão morfológica de direção NW cortando o Platô. A separação espectral entre riolitos e ignimbritos nesta imagem não foi possível.

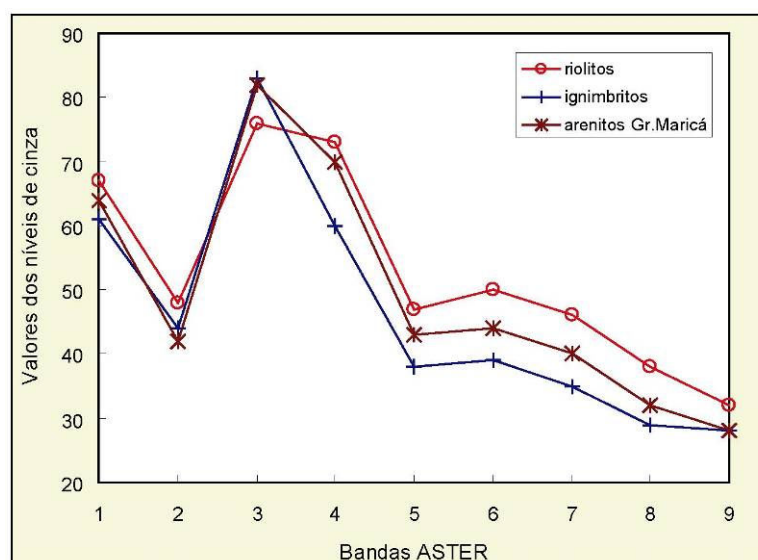


**Figura 2** - Imagem RGB 3-4-1 da região do Platô da Ramada com pontos de amostragem representativos de diferentes tipos de rochas. Legenda das cores dos círculos: amarelo = riolitos; vermelho = ignimbritos; branco = arenitos do Grupo Maricá; ciano = dioritos. (a) Platô da Ramada: ignimbritos e riolitos; (b) Grupo Maricá: arenitos/siltitos; (c) corpo diorítico.

## 2.1. Componentes principais

Neste estudo adotou-se a técnica de componentes principais seletiva que utiliza duas bandas na geração da imagem CP, simplificando desta forma, a análise dos dados. Para selecionar os pares de bandas foram considerados os valores de DN dos *pixel* nas imagens, que representam a posição geográfica de cada ponto amostrado dos diferentes litotipos deste estudo: rochas sedimentares do Grupo Maricá e rochas vulcânicas (riolitos e ignimbritos) nas 09 bandas espectrais do espectro refletido

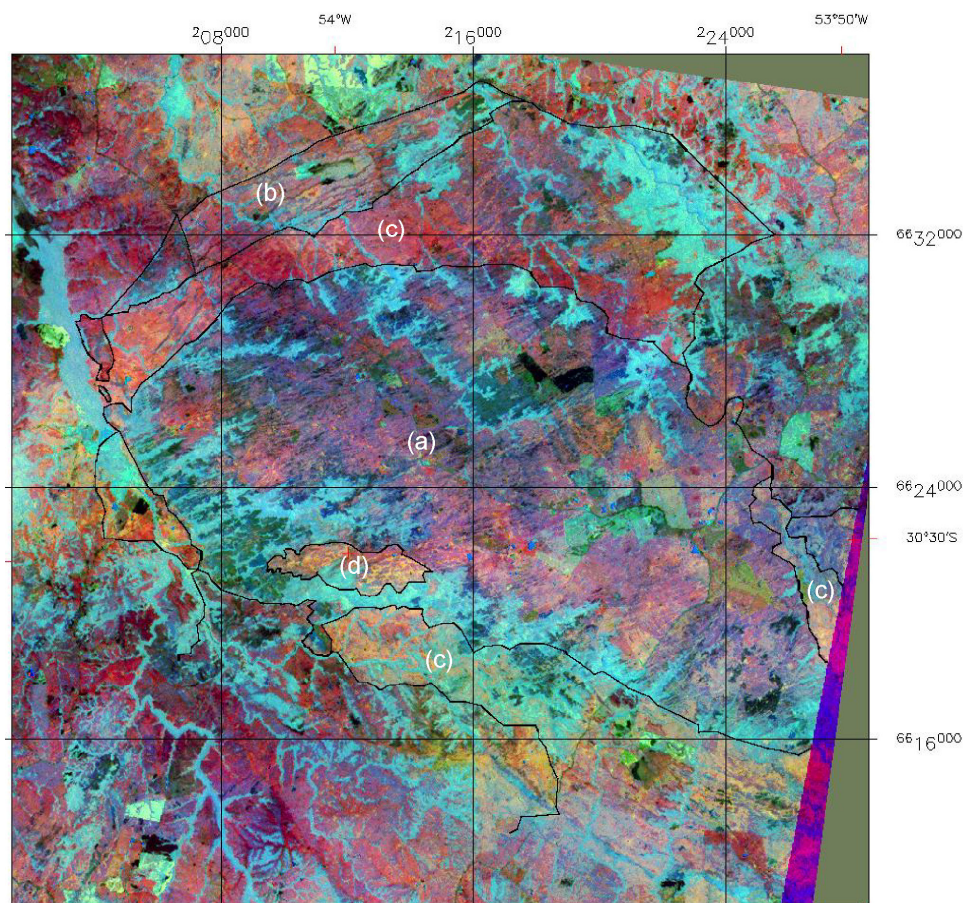
Essa técnica pode ser comparada ao processamento de realce obtido pela operação aritmética divisão de bandas, onde as mudanças na inclinação das curvas das assinaturas espectrais podem ser combinadas em pares de razões, para acentuar as diferenças espectrais dos materiais (Crosta, 1992). A diferença entre os ângulos de inclinação das retas indica quais as bandas para a geração das componentes principais seletivas. Com a finalidade de destacar essas diferenças fez-se uma média entre os grupos de amostras, reduzindo o número de dados. Observou-se que as maiores diferenças dos ângulos de inclinação das retas dos DN's, que caracterizam os riolitos, os ignimbritos e as rochas sedimentares do Grupo Maricá ocorrem entre bandas 3 e 4. Nas bandas 4 e 5 a diferença espectral entre os ignimbritos e os arenitos do Grupo Maricá também se manifesta pela diferença de inclinação das retas enquanto nas bandas 8 e 9 ocorre uma pequena variação entre as declividades das retas que representam as amostras dos três grupos (**Figura 3**). A partir desta análise foram selecionados os pares de bandas para a geração das Componentes Principais Seletiva (CPS). Optou-se pelos pares das bandas 3-4 ( $\lambda = 0,78-0,86\mu\text{m}$  e  $\lambda = 1,60-1,70\mu\text{m}$ ), 4-5 ( $\lambda = 1,60-1,70\mu\text{m}$  e  $\lambda = 2,145-2,185\mu\text{m}$ ) e 8-9 ( $\lambda = 2,295-2,365\mu\text{m}$  e  $\lambda = 2,360-2,430\mu\text{m}$ ), devido as maiores diferenças espectrais capazes de melhor discriminar essas litologias. Visando buscar a informação espectral diferencial foram utilizadas somente as imagens CP's 2 dos pares acima descritos, pois representam o contraste espectral entre as 2 bandas envolvidas, tendo em vista que a CP1 concentra a informação comum às duas bandas.



**Figura 3** - Gráfico com os valores médios dos níveis de cinza obtidos da imagem ASTER para alvos relacionados aos riolitos, ignimbritos e rochas sedimentares do Grupo Maricá.

## 2.2. Composição colorida das imagens CP2

A partir das imagens CP2 selecionadas gerou-se a composição colorida. Por meio da manipulação dos histogramas, utilizando-se a função de transferência gaussiana nas três imagens, obteve-se o contraste espectral adequado, tendo em vista que este processamento determina, segundo Crosta (1992), um melhor balanceamento de cores nas composições coloridas RGB (**Figura 4**). A vantagem do uso de composição colorida para análise visual fundamenta-se na maior capacidade humana de diferenciar níveis coloridos em relação ao discernimento de tons de cinza que não vai além de 30 níveis (Crosta, 1992).



**Figura 4** – Imagem colorida CP2 das bandas 4-5 (R), 3-4 (G) e 8-9 (B), com a separação dos principais domínios vulcano-sedimentares da região do Platô da Ramada. Legenda: (a) Platô da Ramada: ignimbritos e riolitos; (b) Grupo Maricá 1: rochas sedimentares cortadas por diques e *sills* de riolitos; (c) Grupo Maricá 2: rochas sedimentares não afetadas pelas intrusões sub-vulcânicas; (d) corpo diorítico.

A utilização desta imagem permitiu a diferenciação espectral na área de ocorrência do Grupo Maricá, com a individualização de dois domínios realçados pelas cores salmão e vermelho (**Figura 4**). O domínio de cor vermelha, observado na porção próxima ao limite norte do Platô da Ramada, realça as rochas areno-pelíticas deste grupo sendo este contraste associado à presença de argilominerais nos arcóseos. A cor salmão caracteriza o domínio mais ao norte, onde se associam às unidades areno-pelíticas, uma grande quantidade de diques e *sills* riolíticos, orientados principalmente segundo SW-NE. A cor salmão observada nesta imagem representa, portanto, a mistura de informação espectral dos dois tipos de rochas.

Outros fatores, como transformações texturais (diminuição do tamanho de grão) e químicas (percolação de fluídos quentes enriquecidos em sílica) das unidades sedimentares afetadas pelas intrusões riolíticas, podem também explicar ou contribuir nesta diferença de cores observadas no Grupo Maricá.

A variação das cores azul e magenta que se distribuem dentro do Platô demonstram a contribuição positiva das imagens CP2 dos pares das bandas 4-5(R) e 8-9(B), realçando os riolitos e ignimbritos. Espectralmente não foi possível separar os riolitos de ignimbritos por caracterizarem-se por uma composição textural, mineralógica e química muito semelhante.

A imagem composição colorida das CP's2 contribuiu para a identificação de um corpo máfico de forma elíptica, intrusivo nos ignimbritos à SW do Platô da Ramada. Esta área é destacada na imagem com a coloração alaranjada demonstrando a contribuição das CP's 2 das bandas 4-5(R) e 3-4(G) e um padrão textural diferenciado das demais litologias. Estudos de campo e petrográficos definiram este corpo como um diorito, com mineralogia ferro-magnésiana.

A cor ciano realçada na imagem está relacionada à vegetação de porte e mostra a contribuição das imagens CP2 dos pares das bandas 3-4 (verde) e 8-9 (azul). Esta vegetação arbórea delimita as drenagens do Platô, caracterizando uma mata galeria, e em encostas de maior declividade não interferindo na diferenciação das litologias. A vegetação rasteira (gramíneas com tufos) predomina em toda área, muitas vezes apresentando um segundo estrato composto por vassourais com alturas aproximadas de 1m e densidade variável conforme os diferentes níveis de alteração intempérica do substrato rochoso.

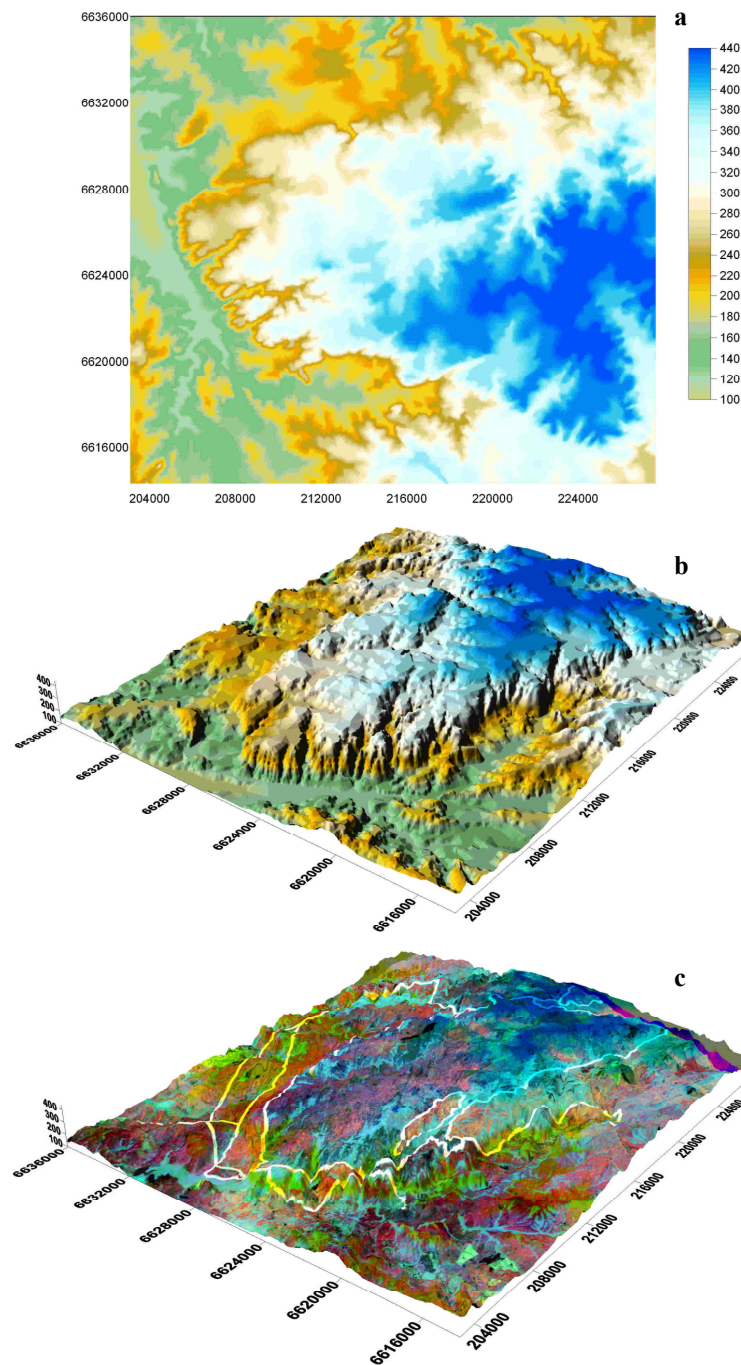
### 2.3. Integração entre imagem orbital e MNT

Na tentativa de agregar a informação geomorfológica como um fator de diferenciação das unidades litológicas que compõem o Platô da Ramada e as áreas circundantes, foi gerado um modelo numérico de terreno (MNT) (**Figura 5**). Este modelo foi calculado a partir das curvas de nível com equidistância de 20m, obtidas em cartas topográficas do SGE, escala de 1:50.000, utilizando-se a krigagem como método de interpolação. A integração do modelo numérico do terreno com a imagem colorida CP2 4-5, 3-4 e 8-9 (RGB) permite a visualização do Platô da Ramada, como uma feição geomorfológica de destaque na região.

A partir do MNT foi gerada uma imagem de declividade, a qual foi classificada em 5 intervalos de isodeclividades. A cada intervalo foi associada uma cor permitindo a geração da imagem representada na **Figura 6**, cujo intervalo de maior declividade delimita toda a feição morfológica do Platô. Esta feição destaca-se na paisagem por apresentar relevo relativamente plano, com pequenas ondulações, truncado por vales que representam a maioria das nascentes dos rios da região. Nas porções S-SW, seu contato com as rochas do Grupo Maricá e com as rochas do embasamento geram uma escarpa com desníveis acentuados, enquanto na porção N-NE observa-se uma suavização dos seus bordos em relação as áreas topograficamente mais baixas.

Comparando esta imagem com as obtidas por sensores orbitais, nota-se que as maiores declividades estão associadas aos limites da ocorrência das rochas vulcânicas, principalmente os contatos S e SW. Portanto, o uso desta variável auxilia na definição desses contatos litológicos, quando os contrastes definidos pelas diferenças espectrais não forem suficientes para traçá-los.

A integração entre a imagem orbital e o MNT destaca o Platô da Ramada como uma feição geomorfológica realçada topográfica e espectralmente. Constatou-se uma grande concentração de lineamentos formados por diques e *sills* de composição riolítica, ao norte do Grupo Maricá. Na borda S-SW do Platô foi definido um corpo diorítico e lineamentos internos e externos ao Platô, relacionados principalmente a tectônica frágil da região.

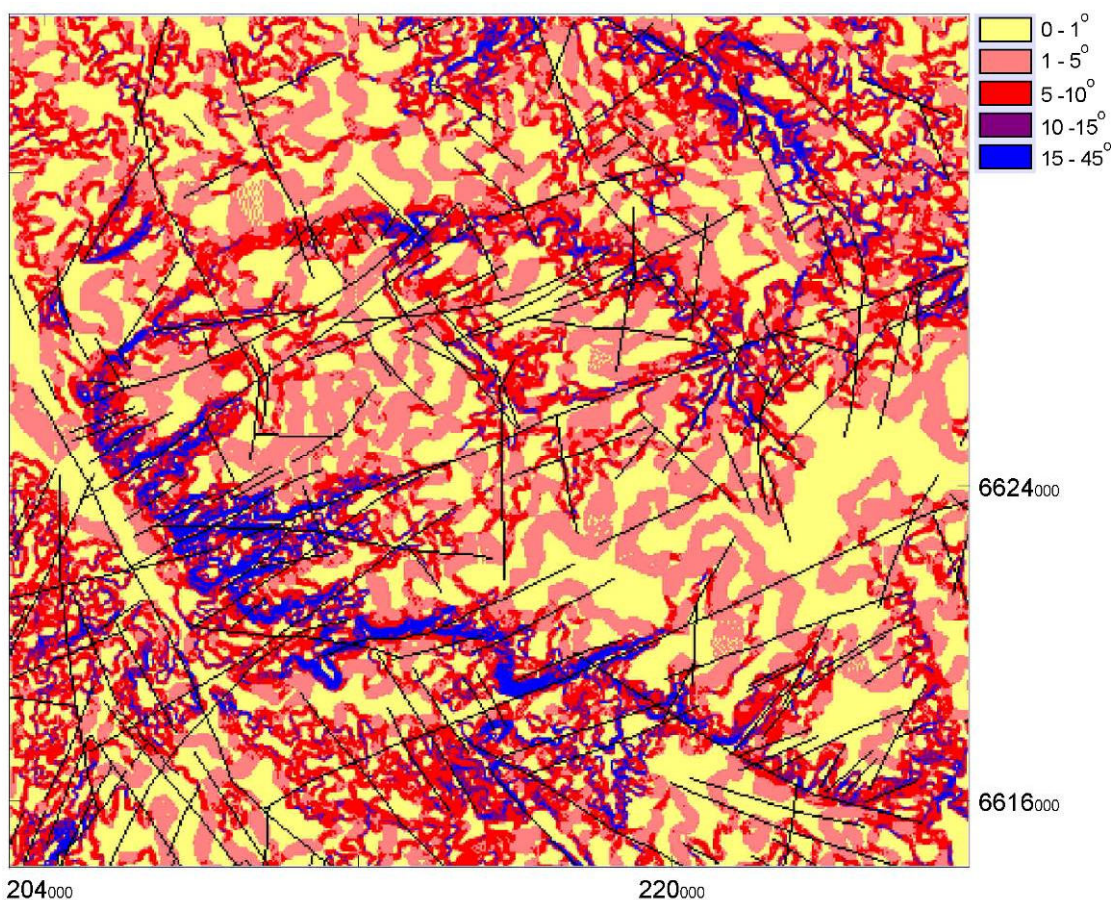


**Figura 5** – Modelo numérico do terreno da região do Platô da Ramada obtido a partir das curvas de nível com equidistância de 20m, obtidas em cartas topográficas 1:50.000 em planta (a) e em 3D (b) e a sobreposição da imagem colorida das CP's2 das bandas 4-5, 3-4 e 8-9 (c).

### 3. Considerações finais e conclusões

No processamento da imagem digital aster, utilizando a técnica por componentes principais Seletivas proporcionou os melhores resultados, realçando as diferenças espectrais existentes entre as litologias, permitindo alcançar os seguintes resultados na região estudada: i) diferenciação espectral entre as rochas vulcânicas do Platô da Ramada e rochas sedimentares do Grupo Maricá; ii) identificação de diques riolíticos, principalmente ao norte do Grupo

Maricá, indicando uma maior abundância destes corpos em comparação aos trabalhos anteriores. Esta característica possibilita a individualização, no Grupo Maricá, de duas subunidades facilmente separadas, levando-se em conta a densidade de intrusões identificadas; iii) identificação e individualização de um corpo diorítico na borda SW do Platô da Ramada, originalmente referido como rocha riolítica. O uso de sensoriamento remoto orbital como técnica auxiliar mostrou-se eficaz no mapeamento geológico de litologias vulcânicas e sedimentares, abrindo novas perspectivas de reavaliação geológica das áreas vulcano-sedimentares do Rio Grande do Sul.



**Figura 6** - Imagem de isodeclividades da região do Platô da Ramada com os principais lineamentos superpostos.

#### 4. Referências bibliográficas

Crósta, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, IG/UNICAMP, 170p., 1992.

Pinheiro-Sommer, J.A.; Lima, E.F.; Saldanha, D.L.; Sommer, C.A.; Pierosan, R. O uso de imagens do sensor ASTER no mapeamento de unidades vulcano-sedimentares do Platô da Ramada, Vila Nova do Sul, RS. **Revista Pesquisas em Geociências**, 2006 (prelo).

Sommer, C.A.; Lima, E.F.; Nardi, L.V.S.; Figueiredo, A.M.G. & Pierosan, R. Potassic and Low- and High-Ti Mildly Alkaline Volcanism in the Neoproterozoic Ramada Plateau, Southernmost Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n. 3, p. 237-254, 2005.