

## Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil.

Viviane Carvalho Brenner<sup>1</sup>  
Laurindo Antônio Guasselli<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IGEO/UFRGS  
Av. Bento Gonçalves, 9.500 – Agronomia – Porto Alegre – RS – CEP 91.501-970  
brenner.vivi@gmail.com; laurindo.guasselli@ufrgs.br

**Abstract.** The remote sensing techniques has been instrumental in identifying and monitoring degraded areas and to support studies and proposals for environmental restoration. There are many studies and proposals for environmental restoration for degraded areas, however, few studies to recovery and renaturation of watercourses channeled. In the Gravataí river basin, within the Area of Environmental Preservation of Banhado Grande located in southern Brazil there is a stretch of the river channeled Gravataí. This study aimed to identify, by applying the index NDWI (Normalized difference Water Index), active meanders in the channel bed of the river to Gravataí with potential of renaturation. For apply the index a time series of Landsat 5 in the following years, 1984, 1994, 2004 and 2010 was selected. Were used for the application of NDWI and for prepare the layout the software SAGA 2.1 and QGIS 2.4, both available with open source licenses. The NDWI allowed detach easier the surface of the water in the images to view the current channel. The results of NDWI of different years showed that in the course of the predominantly rectilinear channel there is a flood plain which has still preserved meanders active and connected the flow to channel. Indicating an area of extreme importance for renaturation and establishing the local conservation policies.

**KeysWords:** remote sensing, flood plain, area of environmental preservation of Banhado Grande, renaturation.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, planície de inundação, área de proteção ambiental do Banhado Grande, renaturalização.

### 1. Introdução

A região da bacia hidrográfica do Gravataí, localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, tem sido tema de inúmeros estudos e debates devido aos interesses econômicos e ambientais de seus recursos naturais. Desde a década de 1960, o rio Gravataí vem sofrendo com a pressão antrópica sobre seu curso, pela exploração excessiva da água para irrigação e pela obra de retificação de seu curso natural. A canalização e a retificação dos cursos d'água constituem intervenções antrópicas que afetam sobremaneira o sistema hidrológico. Essas obras têm como objetivo aumentar a velocidade e a vazão dos rios, a fim de promover o escoamento rápido do grande volume de água que atinge os canais fluviais e possibilitar a ocupação de suas margens (BOTELHO E SILVA, 2012). No entanto, ainda de acordo com os autores, a primeira meta fica comprometida pela retirada da vegetação marginal, pelo assoreamento do leito e, principalmente, pela ocupação das áreas de retenção natural das águas, como as planícies de inundação.

A problemática das inundações na região urbanizada dos municípios que abrangem a bacia do Gravataí é recorrente e histórica, devido a ocupação desordenada das margens do rio. Na região do canal retificado o uso e ocupação do solo é predominantemente agrícola, inferindo na quase inexistência de planícies de inundação preservadas, fato que pela legislação deveria ser contrário. Grande parte da planície de inundação do leito canalizado do rio Gravataí foi suprimida ou transformada em área de lavoura. Isso incorre em inundações nestas áreas em períodos de alta pluviosidade, quando há o extravasamento do leito do canal para a área dos antigos meandros do rio.

Através dos anos o rio, como qualquer outro curso d'água, vem buscando seu equilíbrio e tentando retomar sua dinâmica meândrica original. Os resultados dessa busca estão nos processos de inundação recorrentes de algumas áreas e na reativação de meandros antigos

através do assoreamento natural do curso do canal e redirecionamento do fluxo d'água. Esse assoreamento ocorre em uma área localizada numa planície de inundação ainda preservada no leito retificado.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de obtenção de dados da superfície terrestre, que constitui uma importante técnica para o monitoramento sistemático ambiental. Essa ferramenta assume um papel importante no monitoramento e na estimativa dos diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, servindo de suporte para monitoramento das mudanças climáticas e possibilitando a tomada de decisão para preservação ambiental (MOREIRA, 2003).

A metodologia de aplicação do NDWI (*Normalized Difference Water Index*) permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos. De acordo com Mc Feeters (1996), este índice segue o mesmo raciocínio e operações de bandas do índice de diferença normalizada da vegetação.

O objetivo desse estudo consiste em identificar os meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí com potencial de renaturalização, através da aplicação do índice de NDWI utilizando uma série temporal de imagens de 1984 a 2010.

## 2. Metodologia de trabalho

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se em uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) que abrange 2/3 da bacia hidrográfica do Gravataí (Figura 1).

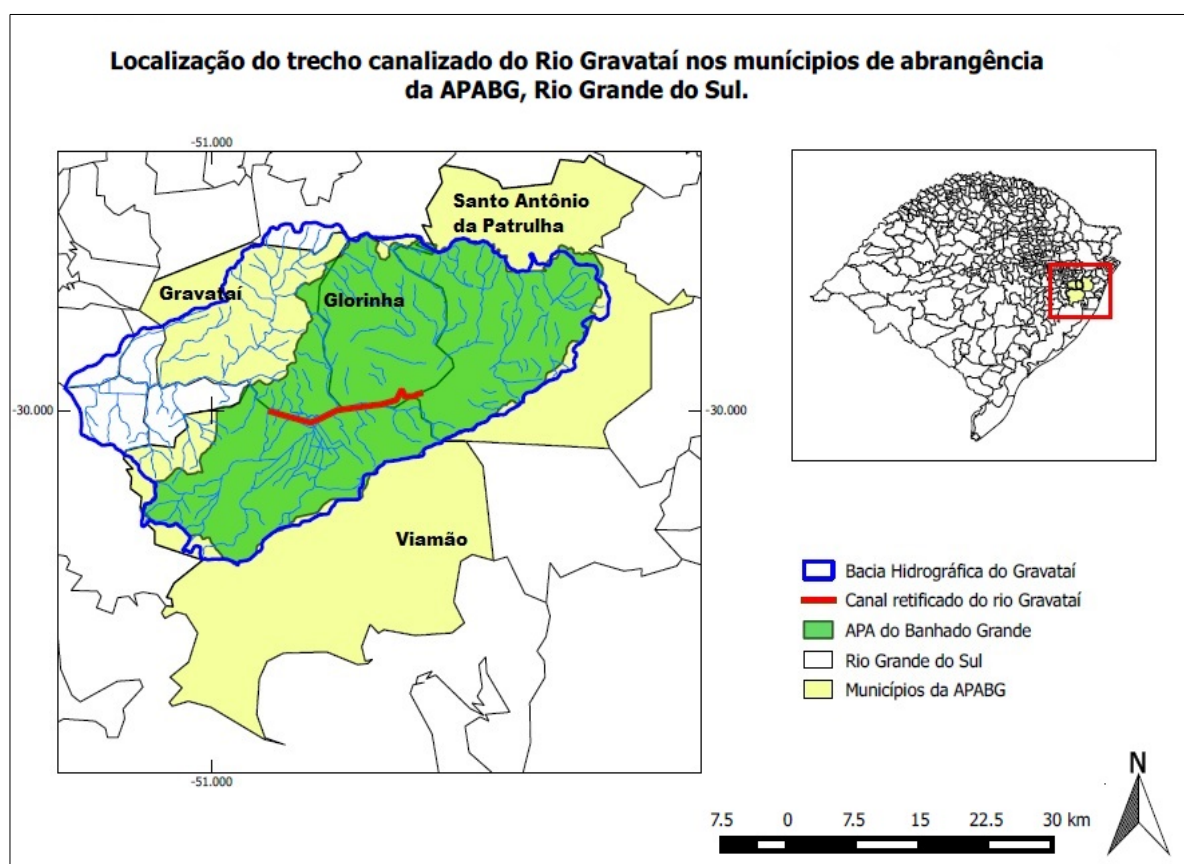


Figura 1 – Localização do trecho canalizado do Rio Gravataí nos municípios de abrangência da APABG, Rio Grande do Sul. Fonte: Autor, 2014.

A APABG compreende os municípios de Gravataí, Glorinha, Santo Antônio da Patrulha e Viamão, sendo que o trecho canalizado do rio Gravataí situa-se nos municípios de Gravataí e Glorinha sob as coordenadas: Lat. 30° 0'29.28"S e Long. 50°54'10.71"O.

Na área da bacia do rio Gravataí foram identificados e delimitados grandes conjuntos espaciais, caracterizados quanto à geomorfologia, resultando nas seguintes Unidades de Paisagem: Encosta do Planalto, Coxilhas do Norte-Nordeste, Coxilhas do Sudoeste, Coxilhas do Sudeste e Planície Lagunar (Mello, 1998 *apud* Scheren, 2014). Segundo Rubbo (2004), as terras da bacia são baixas e apresentam relevo plano.

## 2.2 Materiais e Métodos

Para esta análise, foram utilizadas imagens Landsat 5 TM referentes aos anos de 1984, 1994, 2004, e 2010. O recorte das imagens abrange os municípios de Gravataí, Glorinha, Santo Antônio da Patrulha e Viamão que se encontram inseridos na APABG.

O índice de diferença normalizada da água, foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos), permitindo, segundo McFeetrs (1996) o seguinte: a) maximizar a reflectância típica da água utilizando o comprimento de onda do verde; b) minimizar a baixa reflectância dos corpos de água no infravermelho próximo; e c) realçar o contraste entre a água e a cobertura vegetal, proporcionada pelo infravermelho próximo.

Segundo Ji et al., (2009), a concepção de um índice espectral de água foi baseada no fato de que a água absorve energia em comprimentos de onda do infravermelho próximo (NIR) e ondas curtas de infravermelho (SWIR). O NDWI é obtido através das bandas do verde (V) e do infravermelho médio (IV p) do satélite Landsat 5:

$$NDWI = (TM2 - TM4) / (TM2 + TM4)$$

Onde: TM2 corresponde ao comprimento de onda do verde, e TM4 ao infravermelho próximo, na equação – bandas 2 e 4 do sensor Landsat TM.

O valor de NDWI varia de -1 para 1. McFeeters (1996) definiu zero como o limiar. Isto é, o tipo de cobertura é a água se  $NDWI \geq 0$  e é não água se  $NDWI \leq 0$  (BRUBASCHER E GUASSELLI, 2013).

Nota-se que na equação foram utilizadas as faixas espectrais do verde e infravermelho próximo, diferentemente do índice de diferença normalizada da água proposto por Gao (1996), que emprega na equação as duas bandas na faixa espectrais do infravermelho próximo (0,86  $\mu\text{m}$  e 1,24  $\mu\text{m}$ ). Utilizou-se a banda no comprimento de onda do verde no cálculo do NDWI pelo resultado obtido na separação das áreas alagadas (CINQUINI e AZEVEDO, 2012).

As imagens foram obtidas através do banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível no endereço <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Para o processamento das imagens (aplicação do NDWI) e elaboração de layout foram usados os softwares SAGA 2.1 e QGIS 2.4, softwares disponibilizados com licenças de código aberto.

## 3. Resultados e Discussão

A partir dos dados de NDWI, podemos destacar a existência de uma área de planície de inundação ainda preservada no leito do canal retificado do rio Gravataí (Figura 2). Esta área destoa do restante do leito do canal, onde se encontram extensas áreas de lavouras de arroz consolidadas.

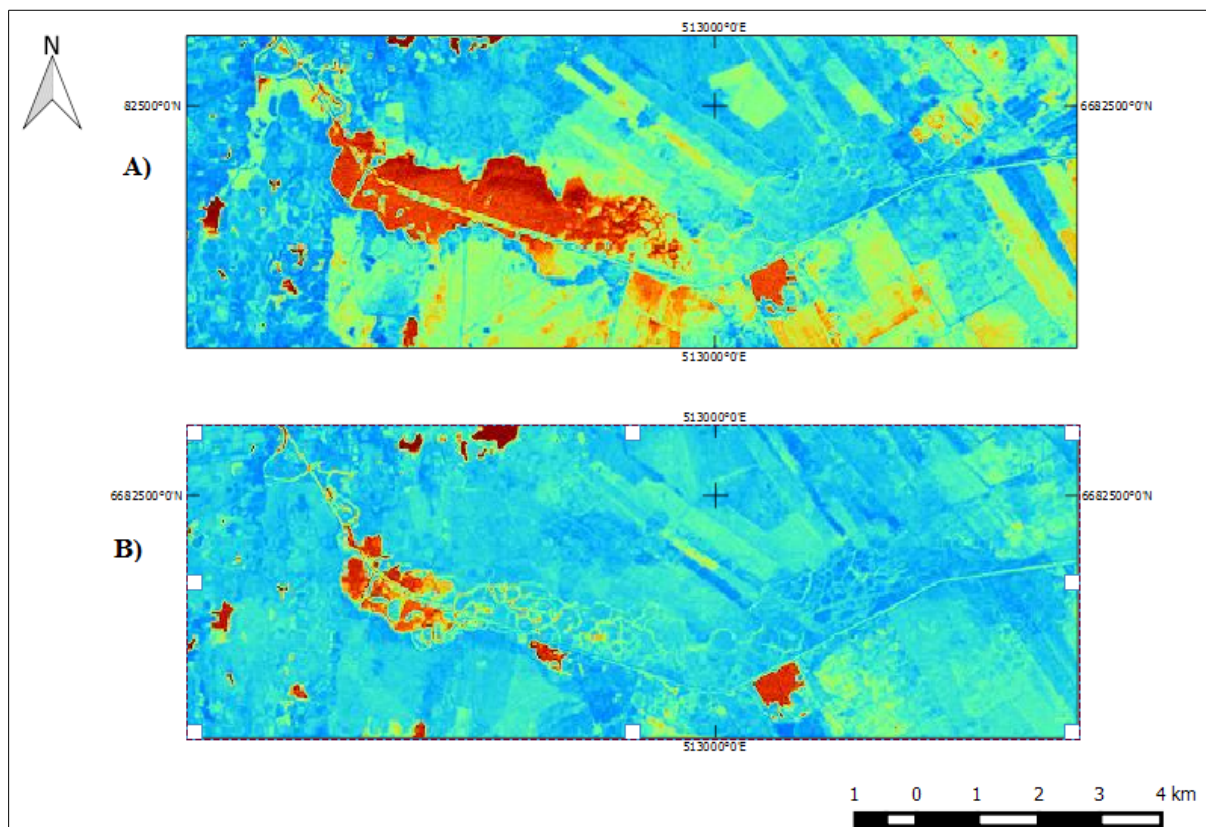


Figura 2 – Identificação da planície de inundação preservada, NDWI do local em período chuvoso (A) 08/10/2004, e em período seco (B) 11/02/2004. Fonte: Autor, 2014.

Para aplicação do índice determinou-se uma série de imagens visando a análise da dinâmica temporal, visto que muitos elementos podem interferir na resposta espectral da água. A variável temporal foi extremamente importante, permitindo estabelecer um padrão visual em relação a água e aos corpos hídricos analisados.

Foram identificados meandros ainda ativos nessa planície de inundação. As imagens processadas demonstram a atividade desses meandros desde a década de 80 até o presente, permitindo ressaltar o processo de evolução do direcionamento do fluxo d'água do canal para os meandros destacados (Figura 3).

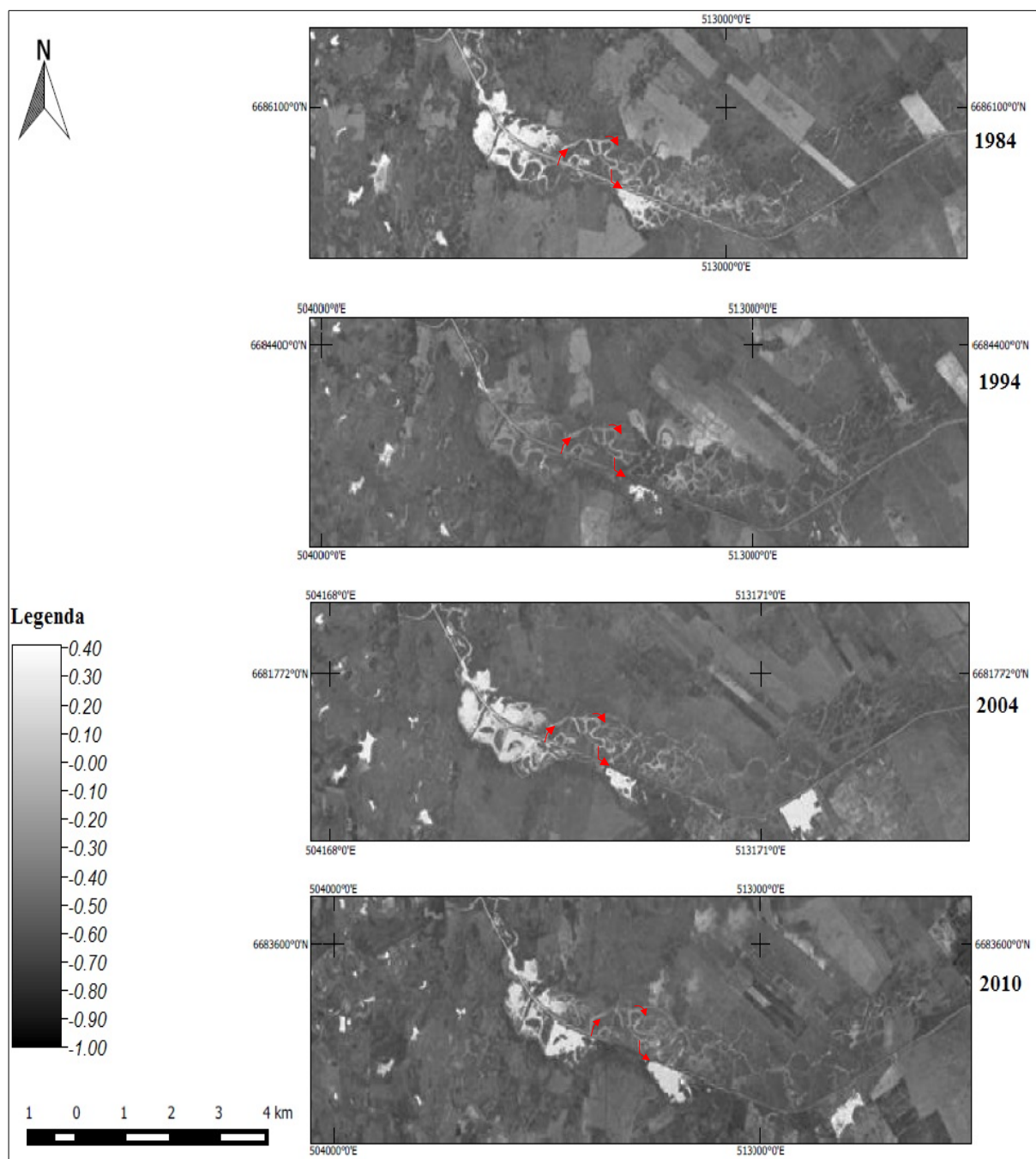


Figura 3 – NDWI da planície de inundação preservada, com destaque aos meandros em processo de reativação. Fonte: Autor, 2014.

Ao trabalharmos com a água ficamos muito restritos a faixa do visível, pois a partir do infravermelho a maior parte da resposta espectral da radiação da água é absorvida. Já na banda do verde, utilizada na equação do NDWI, há maior penetração da luz no fundo da água, possibilitando uma maior discriminação dos alvos.

O NDWI na área de estudo apresentou classes com valores menores que -1 até 0.4. Os valores positivos de NDWI ( $>0.0$ ) correspondem aos corpos hídricos, ressaltando a presença de fluxo e massa d'água nos meandros preservados da referida planície. Os valores negativos de -0.10 a -1.00 referem-se as demais áreas de uso agrícola e do entorno.

Na Figura 3 é possível observar o comportamento do fluxo do rio (setas vermelhas), que mesmo após a retificação de seu curso continuou a circular pelos meandros preservados, essa



determinada quantidade de água mantida em circulação foi fundamental para conservação dos mesmos.

O canal do rio Gravataí possui cerca de 25 km de extensão (Figura 4), em seu leito a planície de inundação identificada, em verde destacado na Figura 3, tem uma extensão de aproximadamente 5 km. Correspondendo a apenas 20 % de área preservada. O rio tende a se espriar naturalmente, e como analisado apenas na área preservada isso se tornou possível. Por ser um dos pontos naturais de extravasamento do rio, nenhuma atividade agrícola conseguiu ser implantada pelo constante estado de inundação em que essa área se encontra, favorecendo a preservação do local.

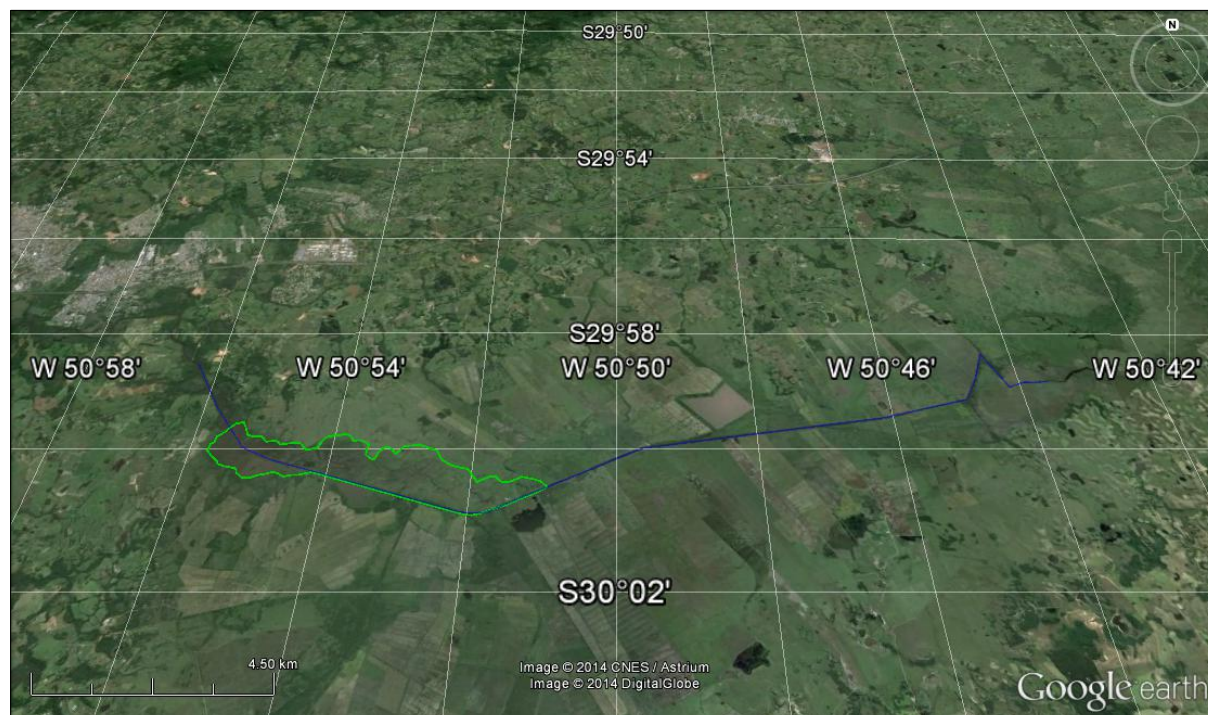


Figura 4 – Extensão do canal retificado do rio Gravataí em azul e planície de inundação preservada destacada em verde. Fonte: Google Earth, 2014.

#### 4. Conclusões

O índice aplicado correspondeu ao objetivo de ressaltar a lâmina d'água, facilitando a identificação da planície de inundação e dos meandros em processo de reativação no leito do rio Gravataí. Os softwares utilizados demonstraram uma versatilidade e eficiência para o mapeamento proposto. Apresentando-se como uma ótima ferramenta para mapeamentos rápidos e com baixo custo, podendo vir a auxiliar órgãos ambientais e de fiscalização complementando as informações coletadas em campo.

Ao analisarmos o resultado da aplicação do índice na série temporal, verificamos que os meandros identificados são antigos, e provavelmente fazem parte do conjunto de meandros originais, pré-canalização, do leito do rio. Este fato indica que o rio encontra-se em um lento processo de renaturalização dos seus meandros assoreando naturalmente o leito do canal retificado.

Atualmente há muitas técnicas de recuperação e restauração de ambientes degradados, mas no âmbito hídrico a bioengenharia tem se mostrado eficiente na renaturalização dos cursos d'água. Em razão da referida área ser o único local preservado no curso do canal, espera-se que estes resultados auxiliem na implementação de ações de renaturalização, para garantir a conexão dos meandros de forma permanente, ou subsidie políticas para criação de uma área protegida neste local.

## Referências Bibliográficas

Botelho, R.; Silva, A. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: Vitte, A. C.; Guerra, A. J. T. (Org). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. Cap. 6, p. 153 – 190.

Cinquini, J.; Azevedo, A. Estimativa de áreas alagadas no período de seca e cheia em ottobacia no município de Corumbá/MS, utilizando NDVI, NDWI e atributos de textura em imagens Landsat/TM. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4, 2012, Bonito/MS, **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2012. Artigos p. 71-80. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2012/cd/geopantanal.pdf>> Acesso em: 15 de out. 2014.

Gao, B.C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v.58, p.257-266, 1996.

Ji, L.; Zhang, L.; Wylie, B. Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing** Vol. 75, No. 11, November 2009, pp.1307-1317.

McFeeters, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

Moreira, m. a. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 307 p.

Rubbo, M. **Análise do potencial hidrogeológico do aquífero cenozóico da bacia hidrográfica do rio Gravataí-RS**. 2004. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

Scheren, R. S. **Urbanização na Planície de Inundação do Rio Gravataí – RS**. 2014. 123f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós – Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.