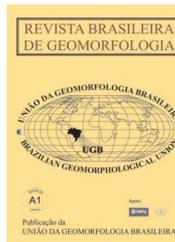


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 1 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1051>



DINÂMICA DA ARENIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PUITÃ, OESTE DO RS, ATRAVÉS DO MAPEAMENTO MULTITEMPORAL NO PERÍODO DE 1984 A 2014

DYNAMICS OF ARENIZATION IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF ARROIO PUITÃ, WEST OF RS, THROUGH THE MULTI-TEMPORAL MAPPING IN THE PERIOD 1984-2014

Angélica Cargnin de Souza

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Santa Maria
Av. Roraima, 1000, Santa Maria, Rio Grande do Sul, CEP: 97.105-900, Brasil
Email: angelica.cargnindesouza@gmail.com*

Carlos Alberto da Fonseca Pires

*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Santa Maria
Av. Roraima, 1000, Santa Maria, Rio Grande do Sul, CEP: 97105-900, Brasil
Email: calpires@terra.com.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
07/04/2016
Aceito (Accepted):
14/10/2016

Palavras-chave:

Areal; Arenização; Arroio Puitã; Mapeamento Multitemporal.

Keywords:

Areal; Sand Fields; Arroio Puitã; Multitemporal Mapping.

Resumo:

A região Sudoeste do Rio Grande do Sul apresenta áreas de intensa degradação, com extensas porções da superfície recobertas por areias submetidas aos condicionantes climáticos locais, sendo denominadas de areais ou campos de areias. O objetivo desse trabalho é realizar uma análise da evolução da arenização da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã no período 1984 a 2014, com o mapeamento multitemporal e as seguintes etapas: a coleta de dados; o trabalho de campo; geoprocessamento e a confecção dos mapas de uso e cobertura da terra dos (anos de 1984, 1994, 2004 e 2014) de toda a bacia, validando as classificações e as análises geográficas. A observação dos mapas correspondentes aos períodos de 1984-1994 e 1994-2004 permite destacar uma considerável expansão das áreas dos areais, enquanto no período de 2004-2014 registra-se uma redução destas áreas. Considerando todo período estudado, houve apenas um crescimento 1.87 km² de área. O mapeamento da arenização no Oeste do RS, com um grande intervalo temporal, foi mais eficaz, utilizando o mapeamento multitemporal.

Abstract:

The Southwest region of Rio Grande do Sul presents areas of intense degradation, with extensive portions of the surface covered by sands submitted to the local climatic conditions, being denominated arenização or sand fields. The objective of this work is to analyze the evolution of the sand fields of the Puitã Arroio Basin

from 1984 to 2014, with multitemporal mapping and the following steps: data collection; fieldwork; geoprocessing and construction of land use maps and land cover (for the 1984, 1994, 2004, and 2014 years) of the entire basin, validating the classifications and geographic analyzes. The observation of the maps corresponding to the periods 1984-1994 and 1994-2004 shows a considerable expansion of the sand areas, while in the period 2004-2014 there is a reduction of these areas. Considering all the studied period, there was only an increase of 1.87 km² of area. The mapping of sandstone in the West of RS, with a large time interval, was more efficient, using multitemporal mapping.

1. Introdução

O Sudoeste Estado do Rio Grande do Sul é caracterizado por apresentar áreas de intensa degradação do solo. Essas áreas foram classificadas como áreas de atenção especial tomando como base o mapa elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1992), que localiza as áreas com risco de desertificação.

O processo de desertificação é caracterizado pela degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e secas, onde há dificuldade de fixação da cobertura vegetal, resultante de inúmeros fatores que incluem as atividades antrópicas. Nas áreas de degradação do solo no Sudoeste do RS a dinâmica dos processos aí envolvidos é derivada de um clima úmido onde há abundância de água. Esse processo de degradação é conceituado por Suertegaray (1987) como arenização, tendo como consequência o surgimento dos areais ou campos de areia.

Na região Oeste do RS encontra-se a Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã marcada pela presença de extensas porções da superfície cobertas de areia no interior da mesma, constituindo assim em uma das principais áreas da região em ocorrência de areais.

Nessa região há ocorrência de processos geomorfológicos controlados pela drenagem do Rio Ibicuí e seus afluentes, atuando sobre substrato de rochas sedimentares de diferentes tipos, com predominância de arenitos (ROBAINA *et al*, 2010). Conforme o mesmo autor essa área de ocorrência dos areais é constituída por formas de relevo do tipo colinas associadas à morrotes isolados de arenitos. Também ocorre a presença de arenitos pouco coesos e solos arenosos que facilitam a ação hídrica e eólica na formação de feições como areais, ravinas e voçorocas.

Em relação aos areais existentes na Bacia do Arroio Puitã, pode-se destacar que os campos de areia desenvolvem-se a partir de cabeceira de drenagens desmatadas e, principalmente, em vertentes convexas

junto à base das colinas, em geral, associadas na meia encosta, de arenitos pouco coesos (TRENTIN, 2007).

É importante ter conhecimento da localização, da gênese, da evolução e do comportamento desse processo em cada local específico, bem como o conhecimento dos principais agentes da dinâmica superficial. Sobretudo para auxiliar no planejamento que vise à recuperação dessas áreas e que também possa se estender ao seu entorno de modo que os usos da terra não agravem os processos da dinâmica superficial o que poderia resultar na expansão dos areais.

Esse conhecimento se dá tanto por meio de trabalhos a campo verificando a ocorrência dos processos morfogenéticos, bem como, quanto das atividades realizadas em laboratório, como de mapeamentos. O mapeamento do uso do solo mediante as técnicas de análises espaciais são o meio mais rápido e fácil para análise dos fenômenos naturais nas mais variadas escalas (SILVA *et al*, 2013). Fontes básicas para o mapeamento da cobertura da terra são os dados de imagens orbitais, podendo ser utilizados dados de diversos sensores, dependendo de fatores como o objetivo, a escala e o custo do mapeamento.

Estudos que integram ferramentas de sensoriamento remoto e de análise de séries temporais de imagens de satélite mostram-se extremamente úteis para a compreensão da evolução ambiental devido à disponibilidade de dados e de imagens facilitando o monitoramento espacial e temporal (LISSNER & GUASSELLI, 2013).

Em relação ao mapeamento de areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul o uso de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento trouxe uma série de novas abordagens para o entendimento e a espacialização da dinâmica relativa aos processos de arenização (GUASSELLI, 2012).

Nesse contexto o presente trabalho possui como objetivo principal analisar a dinâmica da evolução dos areais da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã, num pe-

riodo de 30 anos (1984 a 2014), através do mapeamento multitemporal.

Como objetivos específicos foram propostos comparar métodos de classificadores para mapeamento dos areais; analisar a evolução do uso e da ocupação da terra da bacia do Arroio Puitã, a partir de imagens de satélite; e analisar as principais mudanças no uso e na ocupação do solo, no entorno das áreas dos areais; além da evolução (expansão, estagnação ou redução) dos areais da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã, conforme já explicitado, num período de 30 anos (1984 a 2014).

2. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã (Figura 1) está localizada entre as coordenadas geográficas de 28°58'19" e 29°11'40" de latitude Sul e 55°34'18" de longitude Oeste, na porção Oeste do RS. Esta área estende-se por Itaqui, Maçambará e São Borja com extensão de 392,53km² e tem como seu canal principal o Arroio Puitã. A bacia apresenta um padrão de drenagem retangular-dendrítico, pois suas drenagens obedecem às linhas de falhas e fraturas geológicas. Possui magnitude de 503 canais e uma densidade de drenagem total de 1,53 km/km² (BARATTO & TRENTIN, 2012).

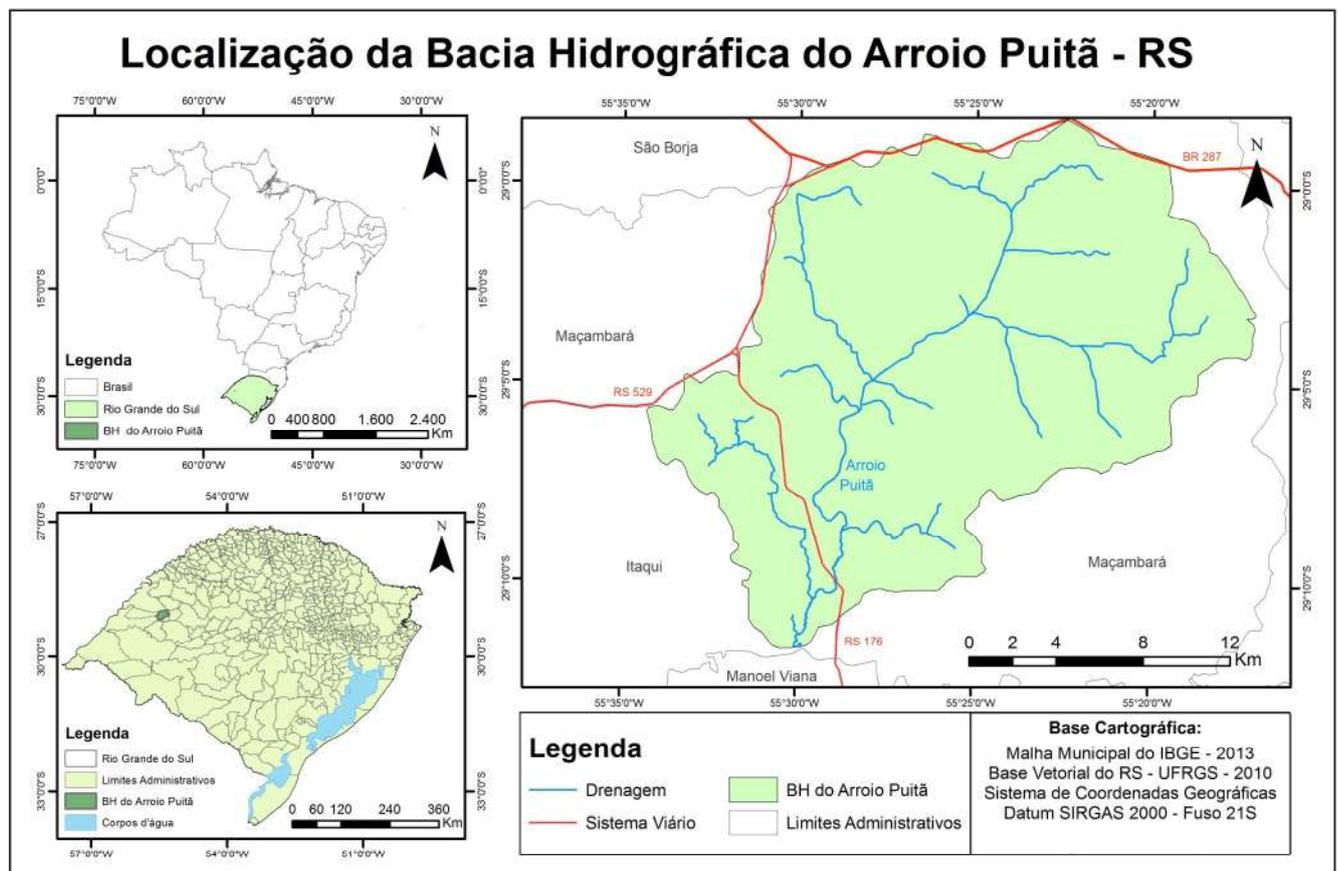


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã

Suas nascentes encontram-se nas porções mais elevadas chegando a 344 m de altitude e a foz na porção mais rebaixada, a 89 m de altitude. Situa-se sobre faixa de transição entre as escarpas do Planalto Meridional e a Depressão Periférica da Bacia do Paraná, atingindo uma amplitude altimétrica de 255m.

As menores altitudes da bacia hidrográfica são inferiores a 200m, caracterizando a maior porção da

área em estudo, cerca de 80 %, ocupando áreas junto aos canais de drenagem do baixo curso, mais próximos à sua foz, e médio curso do rio e caracterizam-se por uma topografia com áreas planas e ondulações suaves.

A partir da cota de 200m, que indica o início do rebordo do planalto, é visível uma clara transição topográfica do relevo. A partir dessa altitude até as maiores altitudes o relevo é representado por áreas predominantemente

temente do alto curso da bacia hidrográfica, por vezes associados aos divisores de água nas maiores altitudes, e pequenas porções de relevo residual, destacando morros testemunhos de uma evolução erosiva de recuo do rebordo (BARATTO & TRENTIN, 2012).

As áreas próximas às drenagens dentro da bacia possuem menores declividades, inferiores a 2%. Já, a porção do médio curso da bacia apresenta declividades entre 2% e 5%, correspondendo à maior porção de área total da bacia. As declividades entre 5 a 15 % apresentam-se dispersas por toda a sua área, associando-se as vertentes que constituem os divisores da bacia e sub-bacias hidrográficas. As declividades superiores a 15% se estendem ao longo da rede de drenagem formando junto aos cursos d'água vales encaixados com encostas íngremes e escarpadas, na porção do alto curso da bacia, estando associada à porção de transição do rebordo do planalto (BARATTO & TRENTIN, 2012).

Quanto às litologias, são principalmente rochas vulcânicas e sedimentares da Bacia do Paraná, além dos depósitos aluviais do Arroio Puitã. As rochas vulcânicas estão associadas à Formação Serra Geral, que é constituída por derrames vulcânicos que ocorreram no Sul do Brasil, sendo que estes recobrimentos não apresentam uma continuidade uniforme, estando bastante intercalado com as formações sedimentares, tendo como rocha característica o basalto, que se apresenta em vários derrames, salientados na topografia em forma de patamares (TRENTIN, 2007).

Associadas a esses derrames vulcânicos há a presença de rochas areníticas, principalmente de origem fluvial. Essas litologias encontram-se estratigraficamente em posição inferior aos derrames vulcânicos, mas afloram em alguns locais com altitudes semelhantes aos derrames, provavelmente devido à movimentação tectônica e erosão (TRENTIN & ROBAINA, 2006). Essas rochas areníticas presentes na área de estudo são pertencentes, principalmente, a Formação Botucatu e Formação Guará (SCHERER & LAVINA, 2005). Os arenitos eólicos avermelhados com estratificação cruzada da Formação Botucatu são predominantes em grande parte da área, sendo encontrados nas feições mais rebaixadas e setores médios das vertentes (MARTINS & VERDUM, 2003). Já os arenitos da Formação Guará apresentam coloração bege a esbranquiçada de natureza fluvial com processos eólicos associados (SCHERER & LAVINA, 2005), e caracterizam-se pela granulometria grossa e média pouco selecionada (MEDEIROS et al, 2013). Essa formação é

marcada por litologias friáveis, que pela fácil desagregação condicionam a formação de feições erosivas de grandes extensões (DE NARDIN & ROBAINA, 2010). A Formação Guará é predominante nas áreas onde se encontram os principais areais da bacia.

Os solos do oeste do RS apresentam elevados teores de areia quartzosas, que possuem estrutura fraca e pouca consistência, o que torna os solos mais suscetíveis à erosão, além de baixos teores de matéria orgânica (KLAMT, 1994). Condizente com o substrato litológico da área e com as condições climáticas os tipos de solos predominantes na área da bacia são Latossolo Vermelho Arenoso e Nitossolo Vermelho, também há ocorrência do Neossolo Quartzênico, Neossolo Litólico e de Planossolo, (TRENTIN, 2007 e STRECK *et al*, 2008, EMBRAPA).

Quanto às suas características climáticas a bacia do Arroio Puitã se encontra numa zona de clima predominante denominado Subtropical III. conforme a classificação estabelecida por Rossato (2011). Possui clima medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias, sofrendo grande influência dos sistemas polares. O volume de chuvas oscila ente 1700-1800 mm anuais distribuídos em 100-120 dias, chovendo em média de 9 a 12 dias por mês. As precipitações mensais, em grande parte dos meses, somam volumes de 135-155 mm, porém no período mais seco pode cair para 75-135 mm. Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações. A temperatura média anual varia entre 20-23 °C com temperaturas do mês mais frio em torno de 8-11 °C e no mês mais quente entre 26-29 °C.

Fenômenos climáticos como El Niño e La Niña exercem influência importante sobre as precipitações pluviométricas na porção oeste do estado do RS, onde o fenômeno El Niño ocasiona aumento da temperatura média e da precipitação e o La Niña atua ocasionando estiagem (OLIVEIRA, 2000).

A cobertura vegetal natural é composta basicamente por gramíneas características do Bioma Pampa. Apesar do clima úmido, principalmente associado aos campos de areia, há a presença de inúmeras espécies com características xeromorfas, sendo que a palmeira anã, denominada Butiazeiro-anão, e os cactáceos possuem ocorrências mais significativas (MARCHIORI, 1995). Nas porções mais elevadas, em áreas com declividades mais acentuadas e nas margens ao longo dos

canais predomina a vegetação alta e cerrada, compondo matas nativas com árvores de maior porte. Atualmente, essa área vem sofrendo intensa ocupação pela silvicultura, com a implantação de espécies exóticas, principalmente de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*

3. Materiais e Métodos

Os procedimentos metodológicos seguiram as seguintes etapas: coleta de dados, geoprocessamento e trabalho de campo.

Os dados da pesquisa podem ser subdivididos em dois grupos: os bibliográficos e os cartográficos. Os dados bibliográficos foram utilizados, principalmente, para fundamentar os dados teóricos da pesquisa, já os dados cartográficos foram utilizados, principalmente, na etapa de geoprocessamento na compilação de outros dados e geração de informações.

Os dados cartográficos usados neste trabalho são: a base vetorial do RS, elaborada por Hasenack e Weber (2010), da UFRGS, em formato *shapefile*, com elementos de altimetria, hidrografia, sistema viário, manchas urbanizadas e limites do Estado; a malha municipal digital do RS (IBGE, 2010) em *shapefile* na escala 1:250.000, com sistema de coordenadas geográficas Lat/Long e datum SIRGAS2000; três imagens do sensor *TM* do satélite *Landsat 5* em formato digital, órbita-ponto 224-080, de 2 de Julho de 1984, 12 de Junho de 1994 e 09 de Julho de 2004, respectivamente; uma imagem do sensor *OLI* do satélite *Landsat 8*, de 06 de Agosto de 2014, com órbita-ponto 224-080; e outras bases vetoriais já existentes.

Na etapa correspondente ao geoprocessamento foram utilizados os softwares *Environment for Visualizing Images* - ENVI 4.8 no processamento digital das imagens e o software ArcGIS 10 na realização de análises geográficas e geração dos layouts finais de apresentação.

Para a confecção dos mapas de uso e cobertura da terra foram testados cinco métodos classificadores: Mínima Distância ou Distância Euclidiana; Paralelepípedo; Máxima Verossimilhança (MAXVER), Mahalanobis e Spectral Angle Mapper (SAM). Estes foram testados somente na imagem captada pelo LANDSAT 8, imagem mais atual (2014), pois somente para a mesma houve a possibilidade de levantamento à campo de dados para posterior validação das classificações e avaliação dos classificadores.

A eficácia e escolha dos algoritmos classificadores testados foram avaliadas através da análise da matriz de confusão gerada para cada classificação oriunda de um diferente classificador, considerando os valores de índice Kappa com base no que foi proposto por Landis e Koch (1977). Assim, primeiramente foram considerados os melhores resultados de classificação para o tema dos areais. No caso de haver mais de um classificador com classificação excelente para o tema areais, foi considerado o melhor coeficiente Kappa para a classificação como um todo, ou seja, todos os temas e píxeis corretamente ou não corretamente classificados. O coeficiente Kappa gera valores que vão até um (1) quanto à qualidade da classificação (LANDIS & KOCH, 1977), sendo: < 0,00 – Péssima; de 0,00 a 0,20 – Ruim; de 0,20 a 0,40 – Razoável; de 0,40 a 0,60 – Boa; 0,60 a 0,80 – Muito Boa; e, de 0,80 a 1,00 – Excelente.

Para a classificação das imagens, primeiramente, buscou-se o reconhecimento de padrões espectrais dos alvos e, posteriormente, a determinação das classes de uso e cobertura da terra, que nesse caso, para o mapeamento de toda a área de estudo, foram sete classes: água; agricultura; areais; campos; florestas; silvicultura; e, solo exposto. Posteriormente foram coletadas amostras de treinamento nas imagens a fim de classificá-las por meio de classificação supervisionada, verificando-se, o grau de separabilidade das mesmas. Por fim foi aplicado o método classificador pixel a pixel *Maxima Verossimilhança* – MAXVER buscando a classificação das imagens.

Para validar as classificações, ou seja, para que condigam com a verdade do terreno, foram geradas matrizes de confusão para as classificações cruzando os dados oriundos desta classificação com os dados de campo. A verdade do terreno corresponde ao que há de real nele, sendo que para realizar o confronto desses dados necessitou-se da ida a campo.

A matriz de confusão gera produtos como a Acurácia Global da classificação e o coeficiente Kappa. Nesse estudo foi considerado o Coeficiente Kappa para validar as classificações, pois considera em seu cálculo todos os pixels da matriz, ou seja, os corretamente e os não corretamente classificados dando assim maior confiabilidade ao resultado. Na Acurácia Global são considerados no cálculo apenas os pixels corretamente classificados, ou seja, apenas os localizados na diagonal principal da matriz.

Posterior à validação das classificações houve a transformação dos resultados das mesmas do formato raster para vetor e a quantificação de áreas de cada classe. Houve a transformação para o formato *shapefile* e feitas as análises geográficas cruzamento de informações das classificações de 1984 – 1994, 1994 – 2004, 2004 – 2014 e 1984 – 2014. Por fim foram realizadas as edições finais de layout para cada mapa.

4. Resultados

A partir do teste de cinco algoritmos classificadores, *Mínima Distância*, *Mahalanobis*, *Paralelepípedo*, *SAM* e *Maxver*, sobre a imagem de 2014, captada pelo sensor

OLI, foram obtidos cinco mapas e, a partir deles, cinco matrizes de confusão a fim de verificar qual obteve melhores resultados. A partir desses resultados foi considerada primeiramente a melhor classificação da classe areais e posteriormente a melhor Acurácia Global e Coeficiente Kappa. A seguir (Tabela 1) estão expostos os resultados de cada classificador utilizado para cada um dos itens considerados na avaliação descritos anteriormente.

Pode-se observar que o algoritmo classificador denominado *Maxver* foi o que obteve melhores resultados para a classificação do alvo areal e da classificação geral, considerando todos os alvos, sendo assim, o mais eficiente e adequado a ser utilizado nas demais classificações.

Tabela 1: Avaliação de Algoritmos Classificadores

	Mínima Distância	Mahalanobis	MAXVER	Paralelepípedo	SAM
Areais	100,00%	96,26%	100,00%	96,26%	100,00%
Acurácia Global	95,48%	87,60%	97,15%	76,72%	94,64%
Coeficiente Kappa	0,9466	0,8528	0,9664	0,7264	0,937

A partir do mapeamento multitemporal do uso e da cobertura da terra da bacia do Arroio Puitã, através do classificador *Maxver*, obteve-se como resultado quatro mapas de uso e cobertura da terra da bacia referente às quatro datas estudadas, ou seja, dos anos de 1984, 1994, 2004 e 2014, considerando as classes temáticas anteriormente definidas: *Água*, *Agricultura*, *Areais*, *Campos*, *Florestas*, *Silvicultura* e *Solo Exposto*.

Durante todo o período analisado houve a predominância da classe *Campos* em mais da metade da área da bacia, onde essa predominância se deve às características naturais da área inserida no Bioma Pampa com vegetação herbácea característica. Apesar de serem predominantes na bacia, as áreas de campos diminuíram no período analisado, ou seja, 1984 à 2014, passando de 278,2 km² para 253,12, uma redução de 24,9 km² de área. Em análise geral do uso e da cobertura da terra de 1984 e 2014 percebe-se que essas áreas de campos para a pecuária cederam espaço, principalmente para a agricultura e silvicultura.

As áreas de agricultura na época de captura das imagens são representadas em sua maioria por cultivos de invernos como trigo, sorgo ou aveia, ou pastagens cultivadas em intermediário e avançado estágio de

desenvolvimento. As porções de área ocupadas pela classe *Agricultura* aumentaram 48,02 km² no período, passando de 6,91 km² em 1984 para 50,58 km² em 2014. A expansão de áreas destinadas aos cultivos agrícolas vem de encontro com a redução das áreas de campo de pecuária já citadas.

A classe *Solo Exposto* corresponde principalmente a solos descobertos, ou seja, com ausência de vegetação que estão sendo preparados para a implementação de cultivos agrícolas. Também compreende a solos em que há presença de vegetação herbácea, porém rala, podendo corresponder a áreas onde os cultivos agrícolas estão em estágio inicial de desenvolvimento. As áreas de *Solo Exposto* apresentaram redução em 2,59 km², passando de 39,32 km² em 1984 para 36,73 km² em 2014. Essa redução condiz em grande parte com a data das imagens, ou seja, devido ao fato de a imagem de 1984 ter sido captada no mês de Julho e a imagem de 2014 ter sido captada no mês de Agosto conferindo assim um mês de diferença entre as datas, considerando que em Agosto parte dos cultivos de verão já foram implementados. Além das imagens expressarem condições meteorológicas diferentes, entre um período mais úmido e outro mais seco.

As áreas da classe *Florestas* compreendem vegetação natural de grande porte, em geral árvores de médio à grande porte e arbustos de grande porte. Estas correspondem em parte matas galeria dispostas ao longo de cursos d'água, mas em maior proporção estão localizadas em áreas declivosas como encostas. As *Florestas* compreendiam um total de 55,6 km² de área em 1984 e apenas 22,0 km² em 2014 representando uma diminuição de 33,06 km² de área. Essa diminuição na área florestal se deve a dois fatores principais, o aumento das áreas agrícolas e o desmatamento.

A classe *Silvicultura* é representada por plantações de pinus, em destaque, de eucalipto. Essa classe em 1984 recobria 5,6 km² de área da bacia e em 2014 recobria 15,79 km² de área, cerca de 4% do total da área da bacia, representando um aumento de 10,19 km² de área. Esse aumento se dá, principalmente, no período de 2004 a 2014, onde o investimento de empresas multinacionais de celulose é o principal responsável.

A classe *Água* é representada por cursos d'água e por açudes e represas. Essa classe apresenta pequenas porções de área se comparadas ao total da bacia devendo-se, principalmente, ao não elevado número de corpos d'água existentes no interior da bacia. Verifica-se que ao longo do período um aumento gradual dessas áreas onde em 1984 tinha-se apenas 0,33 km² e já em 2014 0,80 km², representando assim um aumento de 0,47 km² de área. Esse aumento pode estar relacionado ao aumento no número de açudes e represas durante o período na área de estudo.

Quanto aos areais da bacia, os processos erosivos relacionados ao clima que são mais atuantes nessas áreas são os relacionados à ação do vento e da água (Figura 2 – A, B, C). A água por meio da erosão e lixiviação com importante papel na ativação de processos da dinâmica superficial como o ravinamento e o voçorocamento, através do escoamento superficial concentrado. Já o vento constante que sopra na região atua como agente erosivo e também no transporte de desagregados de solo e rocha, gerando depósitos arenosos e mantendo os depósitos já existentes em constante mobilidade.

Em sua maioria esses areais estão localizados em declividades baixas de até 5% e nas mais baixas elevações dentro da bacia que variam dos 87m a 215m de altitude. Estão associados em sua maioria a cabeceiras de drenagem, à meia encosta de vertentes geralmente côncavas e a morrotes de arenito comuns na área (Figura

2 – D, E, F).

De maneira geral a ocorrência de areais em dado local limita a realização de atividades econômicas, porém o que se observa a campo é a tentativa constante da implantação da silvicultura sobre áreas arenosas e, também, à bovinocultura, devido ao fato dessas áreas encontrarem-se geralmente no interior de campos destinados à atividade comum na região (Figura 2 – G, H, I).

Os areais da bacia do Arroio Puitã numa visão geral possuem semelhanças quanto ao seu comportamento (expansão e retração), devido ao fato de serem regidos pelo mesmo tipo de clima e, portanto, por um regime de chuvas e ventos semelhantes. Mas, em nível de detalhe há especificidades entre eles, sobretudo, em função das feições que estão no seu entorno, que condicionam os escoamentos laminares e concentrados, assim como a circulação dos ventos, que geram a abrasão e o transporte dos sedimentos.

E em sua maioria, dentro da bacia, os areais tem origem dos arenitos fluviais, com processos eólicos associados, da Formação Guará, que possui coloração bege à esbranquiçada e granulometria grossa a média pouco selecionada. A seguir estão representados os principais areais e as áreas em processo de arenização dentro da bacia, aos quais se teve acesso (Figura 3).

No número 1 tem-se a visível ocorrência de processos erosivos relacionados à dinâmica superficial, devido principalmente à ação da água, e a presença de silvicultura sobre áreas arenosas.

As numerações 2 e 3 referem-se a um grande areal localizado em uma área rebaixada, em nível de base, estando associado à rede de drenagem. Este areal apresenta, em boa parte, contato com a rede de drenagem e, nesses locais, apresenta coloração mais esbranquiçada e granulometria mais grossa, que são características marcantes dos areais oriundos da Formação Guará.

No número 4 tem-se uma área arenosa próxima aos locais 2 e 3, onde aparentemente houve a implantação de silvicultura, através do eucalipto, de modo a tornar a área produtiva economicamente. Supõe-se isso, devido a terra estar em parte coberta por de resíduos indicativos dessa situação no local além de pequenas brotações em locais esparsos. Verifica-se que não resta matéria orgânica recobrando a terra após a retirada da vegetação, apenas algumas folhas e galhos que não se incorporam ao substrato arenoso.



Figura 2 - Diferentes cenários nos areais da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã: A) ação da água; B) deflação; C) processos de ravinamento e voçorocamento; D) areal em meia encosta; E) blocos de arenitos sob ação do intemperismo; F) morrote de arenito; G) silvicultura sobre áreas arenosas; H) cerca enterrada pela areia e reconstruída sobre areais; I) presença de bovinos soltos em areais.

Na numeração 5 tem-se uma área de arenização em encosta, com declividade leve à moderada, com presença de processos erosivos associados à dinâmica superficial, como ravinamento e voçorocamento.

Na numeração 6 tem-se parte de um grande areal com a presença marcante de butiazeiro anão, vegetação típica desses locais.

Na numeração 7 tem o inicialmente uma área de campo e o começo de um areal. Nota-se a vegetação campestre se torna mais rala a medida que o areal vai começando. Possivelmente nesses locais devido há existência de vegetação e, nesses casos, de matéria orgânica no solo, porém rala deixando à mostra o substrato dá ao local característica de solo exposto quando se mapeia essas áreas, devido às respostas espectrais deste caso serem semelhantes às de um solo que está coberto com

um cultivo em estágio inicial.

No número 8 tem-se um grande areal, com a presença de vegetação rala e esparsa, deixando visíveis marcas da ação do vento, um dos maiores responsáveis pela remoção e transporte dos grãos de areia nesses locais.

Em 9 tem-se a presença de parte de morrotes com blocos de arenitos sob ação do intemperismo em sua base. Aqui são marcantes os processos erosivos com voçorocas e ravinas, com vegetação em parte das bordas, associados à rede de drenagem seguindo interligando duas áreas arenosas.

No número 10 tem-se a vista, mesmo que a uma certa distância, de uma das maiores áreas de silvicultura dentro da bacia, implementada sobre as áreas arenosas.

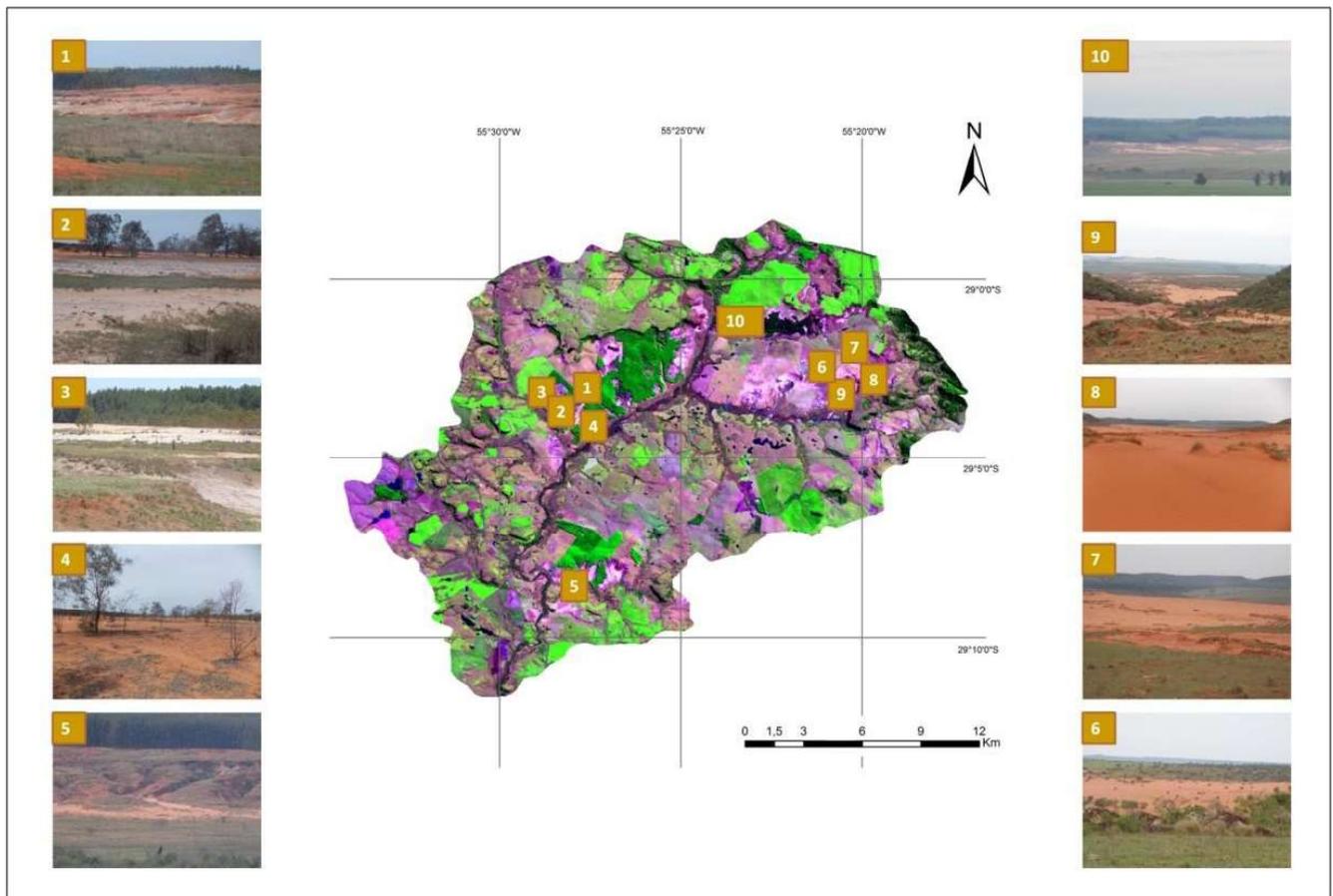


Figura 3 - Principais areais e áreas em processo de arenização na BHAP

A dinâmica desses areais se dá, principalmente, no seu entorno, onde as expansões se dão sobre áreas de campo e solo exposto. Verificou-se, também, que a redução das áreas dos areais de 2004 à 2014 se deu em função da expansão de áreas de campo, solo exposto e, principalmente, de silvicultura implantada geralmente sobre áreas em processo de arenização. Nesses casos os areais ainda existem na base dos plantios arbóreos implantados, porém, devido à cobertura vegetal densa em função da copa das árvores, as imagens não captam a resposta dos areais.

Partindo para uma análise quantitativa, verifica-se que durante os 30 anos em estudo as áreas recobertas pelos areais nos revelam em um primeiro e segundo momento uma expansão e num terceiro momento a retração (Figura 4).

Em 1984 os areais da BHAP computavam 7,29 km² de área correspondendo a 1,9 % da área total de estudo, em 1994 as áreas somavam 9,06 km², 2,3 % da área total e em 2004 a área correspondia quase que

ao dobro do primeiro ano analisado correspondendo a 13,4 km² de área, ou seja, 3,4 % do total da área de estudo. Porém em 2014 a área era menor em relação ao ano anterior considerado, somando 9,16 km² de área, 2,3% do total.

Considerando todo o período de estudo identificou-se uma expansão de 1,87 km² nas áreas recobertas por areais dentro da bacia.

Analisando a evolução dos areais considerando o período de 10 anos, ou seja, de 1984 a 1994, de 1994 a 2004 e de 2004 a 2014 obtemos resultados que melhor condizem com a real dinâmica dos areais no período (Tabela 2 e Figura 5).

No primeiro período os areais que somavam 7,29 km² em 1984, passaram a somar 9,06 km² de área em 1994, ou seja, um aumento de 1,78 km² correspondendo a um aumento no período em cerca de 20% em relação à área existente anteriormente anterior. Aqui a expansão de áreas arenosas se deu, principalmente, sobre áreas anteriormente recobertas por solo exposto e campo.

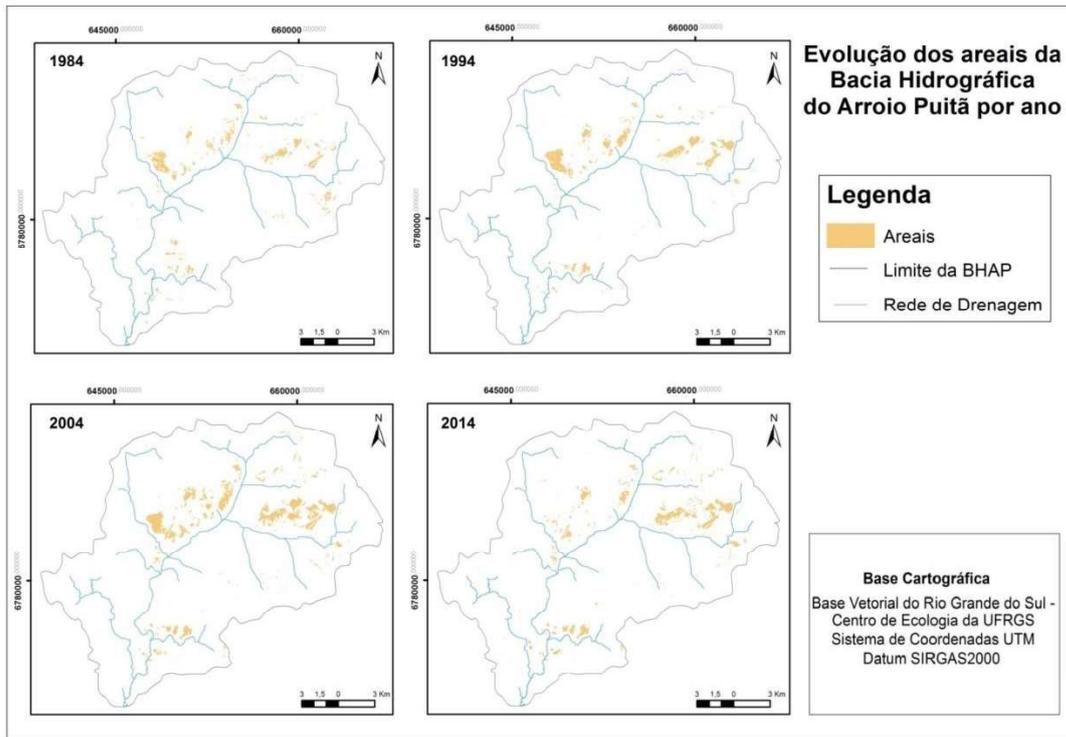


Figura 4 – Mapa da evolução dos areais da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã por ano

Tabela 2: Evolução dos areais na BHAP por períodos

PERÍODO	1984 – 1994	1994 – 2004	2004 – 2014	1984 – 2014
EVOLUÇÃO (km ²)	+1.78	+4.33	-4.24	+1.87

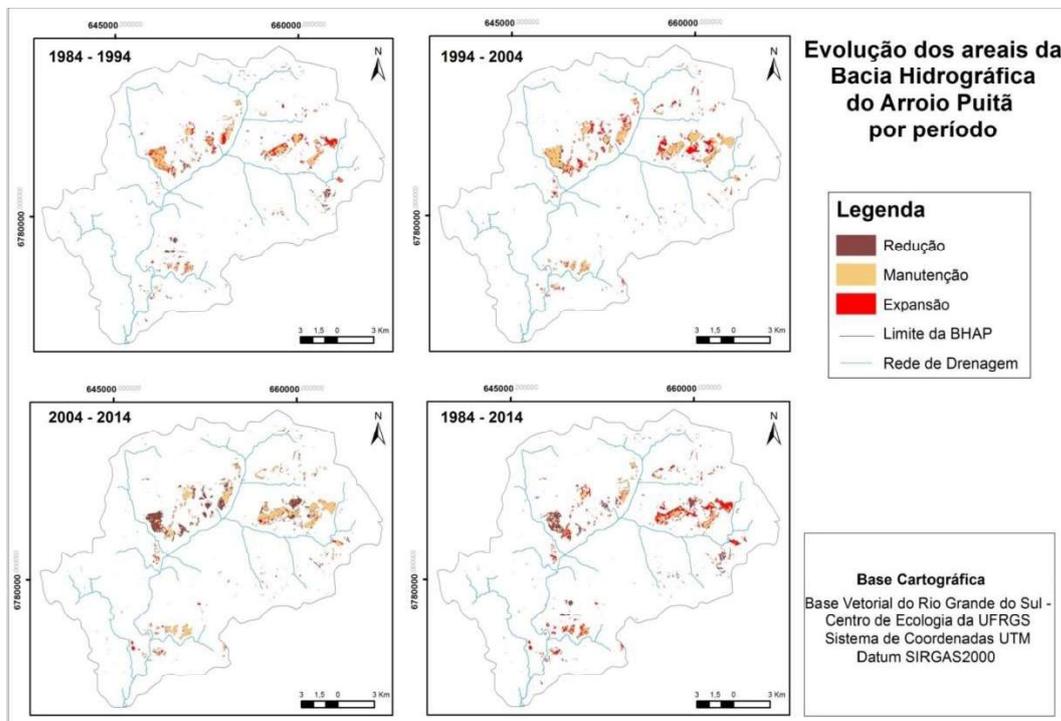


Figura 5 – Mapa da evolução dos areais da BHAP por períodos, 1984-1994, 1994-2004, 2004-2014 e 1984-2014

No segundo período, de 1994 a 2004, os areais compreendiam num primeiro momento 9,06 km² e num segundo momento 13,4 km² de área. Verificou-se que nesse caso o aumento foi relativo a 4,33 km² o que corresponde a um aumento em 32,4 % em relação à área anterior. Essa expansão de área se deu principalmente sobre áreas de campo e em que havia solo exposto.

No terceiro período considerado de 2004 a 2014 houve uma redução de 31,6% nas áreas dos areais correspondendo a 4,24 km². Nesse período os areais que somavam 13,4 km² de área na BHAP em 2004 passaram a se estender por 9,16 km². Nesse caso essa redução é marcada principalmente pelo avanço da silvicultura sobre áreas arenosas, bem como uma possível restituição de áreas de campo e de solo exposto, anteriormente areais.

A expansão de 1,87 km² dos areais identificada analisando o período total é de certa forma, mascarada visto que considera apenas as datas final e inicial de mapeamento do período em estudo deixando à margem o comportamento dos areais ao longo do período analisado (30 anos). Porém essa expansão se torna explicável se somarmos com as informações obtidas nos demais períodos (10 em 10 anos). Ressalta-se que apenas os areais com superfície exposta foram mapeados, visto que, devido à implantação da silvicultura sobre áreas arenosas, as imagens não identifica os areais.

Como ficou visível anteriormente as maiores mudanças, seja expansão ou redução de áreas, ocorrem no entorno dos maiores areais. Isso ocorre justamente devido ao fato dessas áreas serem grandes, pois devido à ação da água ou do vento a expansão ou retração ocorrem nas extremidades dos grandes areais. E ainda os usos e cobertura da terra mais afetados com essas alterações são os solos expostos e campos, havendo alteração em áreas de silvicultura nos últimos anos visto que há a tentativa de implementação dessa atividade sobre áreas em processo de arenização com fins basicamente econômicos.

Ressalta-se que o dinamismo dos areais, também, está relacionado com a influência dos fenômenos ENOS que atingem o estado influenciando seja através de estiagem (La Niña) ou do aumento significativo nos níveis pluviométricos (El Niño).

Quanto à validação das classificações geradas para 1984, 1994, 2004 e 2014 destaca-se que as

mesmas apresentaram índice Kappa correspondentes a 0,976, 0,9604, 0,9384 e 0,9762, respectivamente, validando as classificações e aferindo-lhes grau de eficiência segundo o proposto por Landis e Koch (1977) como excelente.

5. Conclusões

A partir do mapeamento multitemporal dos areais da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã, na análise da dinâmica da evolução desses areais, pode-se perceber mudanças consideráveis durante as fases estabelecidas para o estudo. Verificou-se assim um pequeno aumento de área no período de 1984 a 1994, um aumento consideravelmente maior no período de 1994 a 2004 e uma redução considerável, quase que de mesma proporção a este último aumento, no período que vai de 2004 a 2014.

Porém ao analisar o período como um todo considerando apenas as datas inicial e final do estudo, ou seja, o período entre 1984 e 2014, tem-se que os areais sofrem pequeno aumento de área, considerando o período de 30 anos.

Pôde-se observar que o mapeamento visando o monitoramento de uma mesma área e considerando um grande intervalo temporal, necessita da utilização de mais de duas datas de controle, reduzindo o intervalo de obtenção de dados, tornando vivível o real comportamento do(s) alvo(s) desejado(s), onde o resultado não seja mascarado, devido à falta de informação durante grande período de tempo, possibilitando assim maior eficiência e confiabilidade ao estudo.

Assim, o mapeamento multitemporal de alvos da superfície terrestre define-se como um importante instrumento para analisar a dinâmica de evolução dos areais do oeste do Rio Grande do Sul.

6. Referências Bibliográficas

- BARATTO, Débora da Silva; TRENTIN, Romario. Análise das unidades de relevo da bacia hidrográfica do Arroio Puitã (RS). **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 4, p. 543-555, 2012.
- DE NARDIN, Dionara; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Zoneamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas em processo de arenização. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v.22, n.3, p. 487-502, dez 2010.
- GUASSELLI, Laurindo Antônio. O mapeamento de areais a

- partir de Sensoriamento Remoto In: SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; SILVA, Luis Alberto Pires da; GUASSELLI, Laurindo Antônio (Org.) **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar- cultura: Imprensa Livre. 2012. 1 ed. p. 97 – 123.
- KLAMT, Egon. Solos arenosos da região da Campanha no Rio Grande do Sul. In: PEREIRA, Vicente de Paula; PEREIRA, Manoel Evaristo; CRUZ, Mara Cristina Pessoa da. (Org.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: Unesp, 1994.
- LANDIS, J. Richard; KOCH, Gary G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- LISSNER, Juliane Beatriz; GUASSELLI, Laurindo Antônio. Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na lagoa Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análise de séries temporais. **Sociedade & Natureza** (UFU. Online), v. 25, p. 427-440, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n2/a16v25n2.pdf> Acesso em: 10 set. 2015.
- MARCHIORI, José Newton Cardoso. Vegetação e areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.11, p. 81-92, 1995.
- MARTINS, Rafael Lacerda; VERDUM, Roberto. Compartimentos Ambientais em Formações Superficiais Quaternárias – análise e mapeamento na Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã; Rio Grande do Sul. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.4/126/126.htm> Acesso em: 8 ago. 2014.
- MEDEIROS, Edgardo Ramos; PEDRON, Fabrício de Araújo; REINERT, Dalvan José; SCCOTI, Anderson Augusto Volpato. Filiação entre arenitos da Formação Guará e sua cobertura pedológica no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 37 n. 3, p. 555-564, maio/jun 2013.
- OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. **O El Niño e você – o fenômeno climático**. São José dos Campos: Transtec, 2000.
- ROBAINA, Luís Eduardo de Souza; TRENTIN, Romário; BAZZAN, Thiago; Reckziegel Elisabete Weber; VERDUM, Roberto; NARDIN, Dionara de. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande Do Sul, Brasil: proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 11-23, 2010.
- ROSSATO, Maíra Suertegaray. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- SILVA, Alexandre Medeiros; XAVIER, Ana Paula Campos; MEDEIROS, Isabella Carvalho de; MARANHÃO, Karinna Ugulino de Araújo; SILVA, Richarde Marques da. Análise multitemporal e atualização do mapa de uso e ocupação do solo do município de Monteiro - PB. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 1548 – 1555. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1013.pdf> Acesso em: 27 set. 2013.
- SCHERER, Claiton Marlon Santos; LAVINA, Ernesto Luiz Correa. Sedimentary cycles and facies architecture of aeolian-fluvial strata of the Upper Jurassic Guará Formation, southern Brazil. **Sedimentology**, v. 52, p. 1323-1341, 2005.
- STRECK, Edeimar Valdir; KÄMPF, Nestor; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; KLAMT, Egon; NASCIMENTO, Paulo César Do; SCHNEIDER, Paulo; Elvio Giasson; Luiz Fernando Spinelli Pinto. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008.
- SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. **A trajetória da natureza um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí/RS**. 1987. Tese (Geografia Física) – Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1987.
- TRENTIN, Romário. **Definição de Unidades Geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do RS**. 2007. 142f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- TRENTIN, Romário; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Unidades Litológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Itu. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 28, n. 2, p. 67 - 84, 2006.