



Bacia hidrográfica do Arroio Cambutu, Rio Grande do Sul, Brasil: mapeamento do uso e cobertura da terra em 2003 e em 2014

Aliane Pedroso da Croce¹
John Roger RoldanAleixo²
Alexandro GularteSchafer³

Laboratório de Modelagem, Simulação Computacional e Geoprocessamento.

Unipampa Campus Bagé. Avenida M. A. G. de Godoy, 1650 – 96413-172- Bagé, RS, Brasil.

¹viviantabranco@gmail.com, ²johnrroldan@gmail.com, ³alexandro.schafer@unipampa.edu.br

Abstract. This paper presents the results of the mapping of the changes in land use and land cover of the Cambutu River watershed, in Rio Grande do Sul, Brazil, in the last 11 years, using images of Landsat Data Continuity Mission (LDCM). We used images of Landsat 7 and Landsat 8, in 2003 and 2014, respectively. Five classes of LULC were defined for supervised classification: water, grassland, agriculture, forest and reforestation. The method used for the classification was the MaxVer. To facilitate the visual identification of the different types of LULC in the "training" stage, we performed five work trips to the study area. Findings show that in the Cambutu River watershed the predominant class in 2003 was "grassland" that occupied 84.57% of the watershed area in 2003 and decreased about 38.67% in the study period. The agricultural area increased, occupying 4.14% of the watershed in 2003 and 11.34 in 2014. The forest area decreased 25.87% and the reforestation area decreased 26.11% in this period. Based on this quantifications, we can verify that there was an increase in the in the agriculture areas, that occupied areas previously occupied by grassland, forest and reforestation. The growth of agricultural areas was, for the most part, increase soybean cultivation in the Cambutu River watershed.

Palavras-chave: LULC, Changes, Cambutu river watershed, Uso e cobertura da terra, Alterações, Bacia hidrográfica do Arroio Cambutu.

1. Introdução

As mudanças no uso e cobertura da terra ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais e tem efeitos profundos no clima, bioquímica, biodiversidade, hidrologia e funções ecossistêmicas (Tefereet al., 2013; Teixeira et al.; 2014). Em ecossistemas de bacias hidrográficas, as alterações no uso e cobertura da terra influenciam as características do escoamento superficial de uma bacia de drenagem que, por sua vez, afeta a disponibilidade de água superficial e subterrânea da área, ocasionando então novas mudanças no uso e na cobertura da terra (Sajikumar e Remya, 2015).

A bacia hidrográfica, dentro de umavisão integrada, deve ser a unidade de caracterização, diagnóstico, planejamento e gestão ambiental, com vistas aodesenvolvimento regional sustentável, pois os impactos ambientaispodem ser mensurados e corrigidosmais facilmente (ARAÚJO et al., 2009).No Brasil, a Lei federal n.º 9.433, do dia 08 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com o objetivo de assegurar à atual e às futuras gerações água em qualidade e disponibilidade suficientes através da utilização racional e integrada, da prevenção e da defesa dos recursos hídricos contra eventos hidrológicos críticos.

O monitoramento das mudanças no uso e cobertura da terra e a análise nas mudanças na estrutura e naconfiguração da paisagem proporcionam informação chave para o entendimento da dinâmica do uso do solo e de seus efeitos tanto no sistema natural quanto no antropogênico (Barbatie al., 2015; Salvati, 2014). Identificar as causas primárias e estimar os processos e

tendências das mudanças no uso e cobertura da terra é importante para o planejamento do uso do solo em nível local, para o uso de recursos em nível regional e para o gerenciamento ambiental. Entender os processos, dinâmicas e as forças que regem as mudanças no uso e cobertura da terra envolve o uso de técnicas num contexto multidisciplinar.

O uso e a cobertura da terra podem ser sintetizados através de mapas. Estes indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre (Leite e Rosa, 2012).

As imagens de satélite vêm se tornando uma importante ferramenta para o mapeamento do uso e cobertura da terra. Segundo (Jensen, 2009), as imagens de satélite, aliadas as técnicas de sensoriamento remoto, possibilitam a coleta sistemática e programada dos dados de interesse em um curto intervalo de tempo, quando comparado a outras técnicas de aquisição. Devido à visão sinótica, ao formato dos produtos que são similares a um mapa e à cobertura repetitiva, as imagens de sensoriamento remoto orbital são uma fonte viável de obter informação acerca da cobertura da terra, seja em escala local, regional ou global (Foody, 2002).

O presente artigo tem como objetivo principal apresentar os resultados do mapeamento das mudanças no uso e cobertura da terra que ocorreram na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu, Rio Grande do Sul, Brasil, em um período de 11 anos, entre os anos de 2003 e 2014.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Arroio Cambutu (Figura 1) faz parte da bacia hidrográfica do Rio Negro-RS. Está localizada entre as coordenadas 31° 11' 20,4" e 31° 16' 55,2" Sul e 54° 10' 52,6" e 54° 16' 55,2" Oeste.

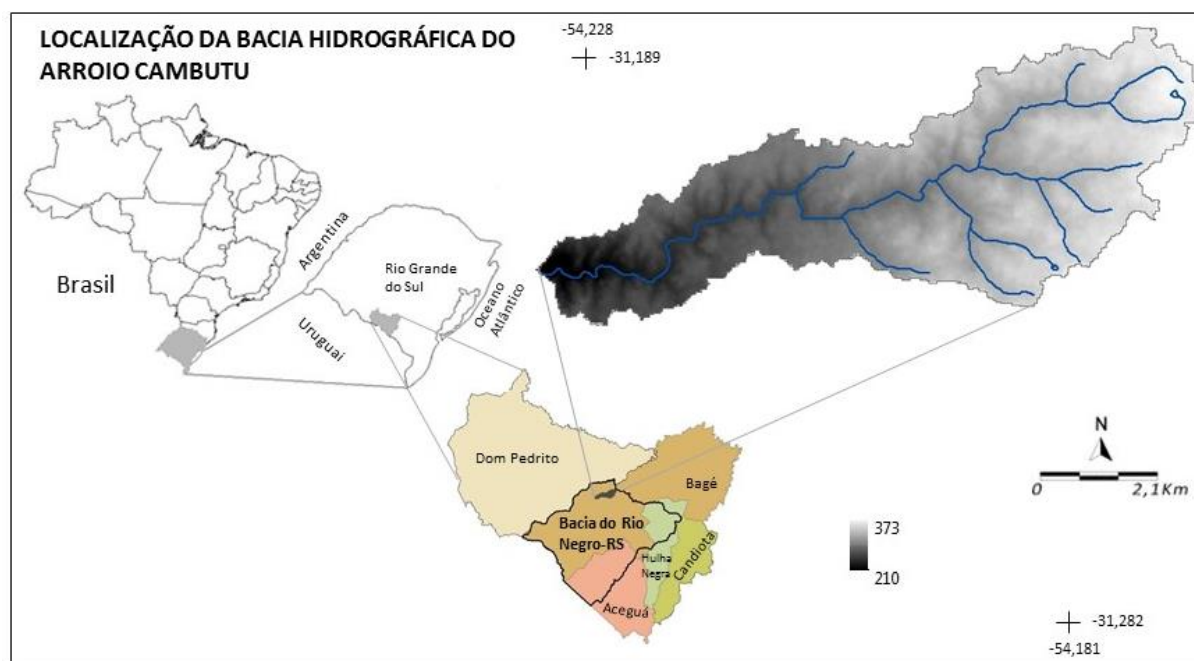


Figura 1- Localização da área de estudo

A sub-bacia hidrográfica do Arroio Cambutu (figura 2) tem área de drenagem de aproximadamente 32 km² e está completamente inserida no município de Bagé-RS. A região

onde ela está inserida apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima tipo subtropical ou virginiano (Cfa), pertencente à área morfoclimática denominada Escudo Sul-Riograndense-Uruguiaio.

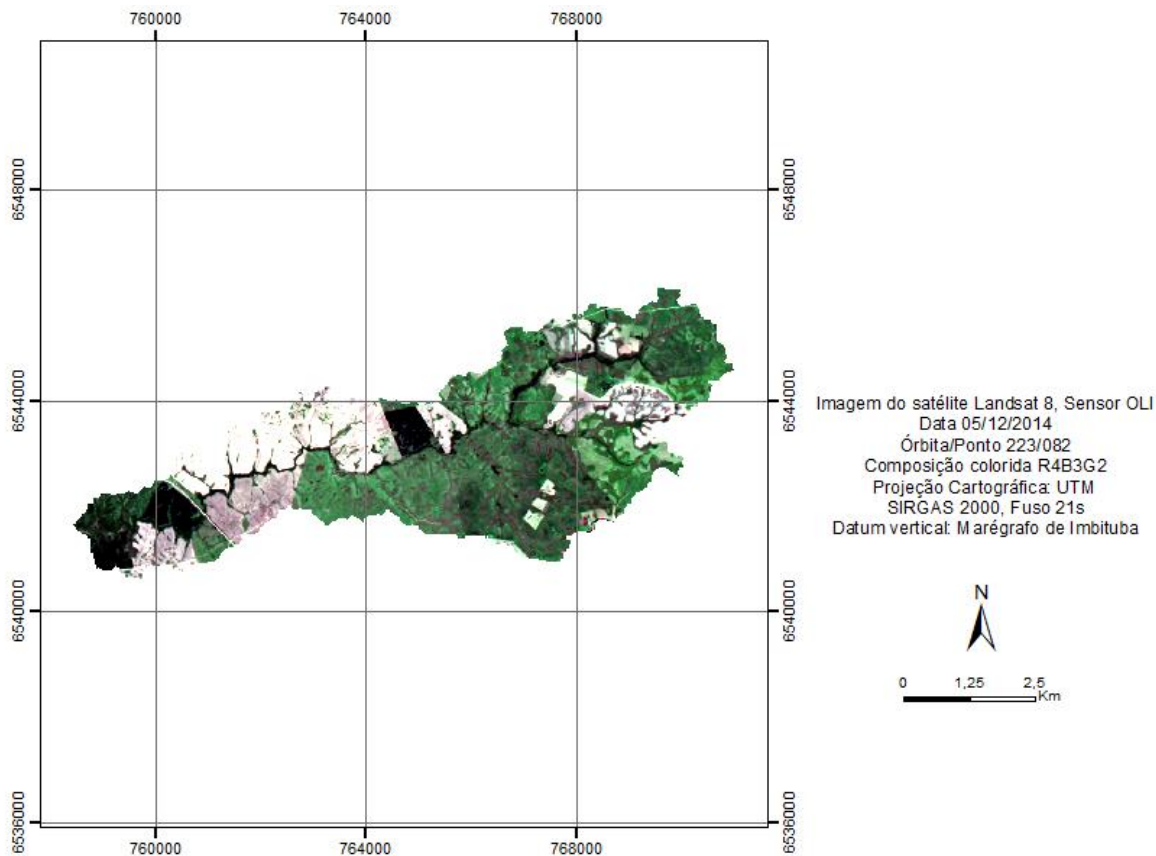


Figura 2. Composição R4G3B2 da sub-bacia hidrográfica do arroio Cambutu.

As temperaturas médias máximas giram em torno de 24,1 °C e as médias mínimas em torno de 13,1°C. Os solos do tipo Brunizem e laterítico abrangem a maior parte da sub-bacia. A precipitação média anual em Bagé fica em torno de 1.423 mm, sendo que ocorrem períodos de estiagem em que a precipitação mensal chega a ser nula, principalmente no período de novembro a março, como vem sendo registrado nos últimos anos.

2.2 Método

A metodologia adotada no presente estudo é apresentada em seis etapas. As imagens de satélite foram obtidas no catálogo do *United States Geological Survey* (USGS), disponibilizada gratuitamente na internet. Foram utilizadas duas cenas (órbita/ponto 223/082) imageadas em 29/01/2003 (Landsat7) e em 05/12/2014 (Landsat8).

Após a aquisição das imagens, deu-se início a etapa de pré-processamento. Na imagem de 2003 foi necessário realizar correção geométrica, em que foram adequadas as posições planimétricas e projeção das imagens, utilizando a base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul na escala 1:50.000 (Hasenack e Weber, 2010).











A bacia hidrográfica do Arroio Cambutu foi delimitada através da utilização de dados da missão do Shuttle Radar Topography Mission (SRMT), com resolução espacial de trinta metros.

Para tanto, os dados foram submetidos a 9 etapas, utilizando a extensão ArcHydro (Maidment, 2002) do software ArcGIS (ESRI, 2015), versão 10.3.

A classificação supervisionada foi realizada utilizando o método máxima verossimilhança (MaxVer), que requer o conhecimento prévio das classes de interesse. Foram realizadas cinco saídas de campo na área em estudo. Foram definidas cinco classes de uso e cobertura da terra (cultura temporária, silvicultura, campestre, área florestal e corpos d'água continental), de acordo com o Manual do Uso da Terra do IBGE (IBGE, 2006).

A próxima etapa do trabalho consistiu na delimitação das amostras de treinamento. Nessa fase, foram selecionadas vinte amostras de cada classe de uso e cobertura da terra, perfazendo um total de aproximadamente 500 pixels para cada uma delas. Em seguida, aplicou-se o método da máxima verossimilhança para classificar a imagem. Na Tabela 1 apresenta-se a chave de interpretação de cada uma das classes de interesse.

Tabela 1. Chave de interpretação das classes de uso e cobertura da terra

Classe Nível I	Classe Nível II	Coloração	Amostra 4R3GB2	Verdade terrestre
Cultura temporária	Área antrópica agrícola	Tons de rosa e Branco		
Silvicultura	Área antrópica agrícola	Preto		
Campestre	Área de vegetação natural	Verde claro		
Área florestal	Área de vegetação natural	Verde escuro		
Corpo d'água continental	Água	Azul escuro e tons de roxo		

Ainda que o processo de classificação tenha sido realizado de maneira criteriosa, os algoritmos de classificação estão suscetíveis a algum tipo de erro. Desta maneira, realizou-se uma etapa de pós-classificação, para corrigir erros e inconsistências oriundos do processo de classificação. Para tanto, utilizou-se uma ferramenta específica do software de processamento de imagens ENVI, versão 5.0, que possibilita que a classe a um determinado pixel seja alterada manualmente pelo operador. As correções foram realizadas tendo como base as saídas a campo.

O mapeamento do uso e ocupação foi validado através da análise qualitativa e quantitativa dos dados gerados após a etapa de pós-classificação. Na análise qualitativa, foi realizada a comparação entre o mapa temático oriundo da classificação e as verdades terrestres, juntamente com o conhecimento adquirido nas saídas de campo. Na análise quantitativa, foi considerado o

coeficiente Kappa, índice que quantifica a exatidão do mapeamento a partir de uma escala proposta por Landis e Koch (1977).

A última etapa do estudo consistiu na quantificação das áreas ocupadas por cada classe de uso e cobertura da terra em cada ano analisado. Por fim, realizou-se a quantificação das alterações nas áreas ocupadas por cada classe, no período em estudo.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 3 apresenta-se o mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu referente ao ano de 2003, após a realização da etapa de pós-classificação. O índice de confiabilidade atingiu coeficiente Kappa de 0,93.

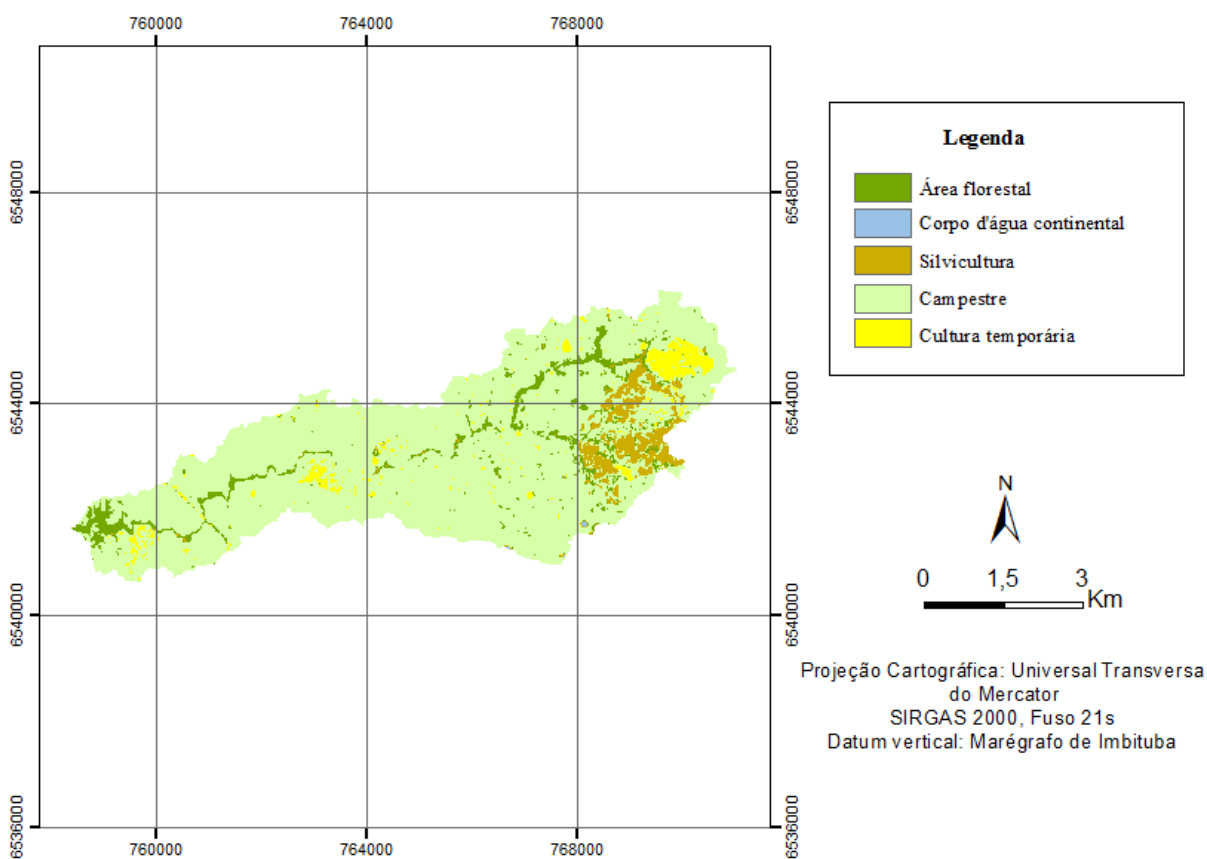


Figura 3 - Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu em 2003

Analisando visualmente a Figura 3, é possível verificar a predominância das áreas ocupadas pela classe campestre. Na Figura 4 apresenta-se o mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu referente ao ano de 2014, após a realização da etapa de pós-classificação. O índice de confiabilidade atingiu coeficiente Kappa de 0,97.

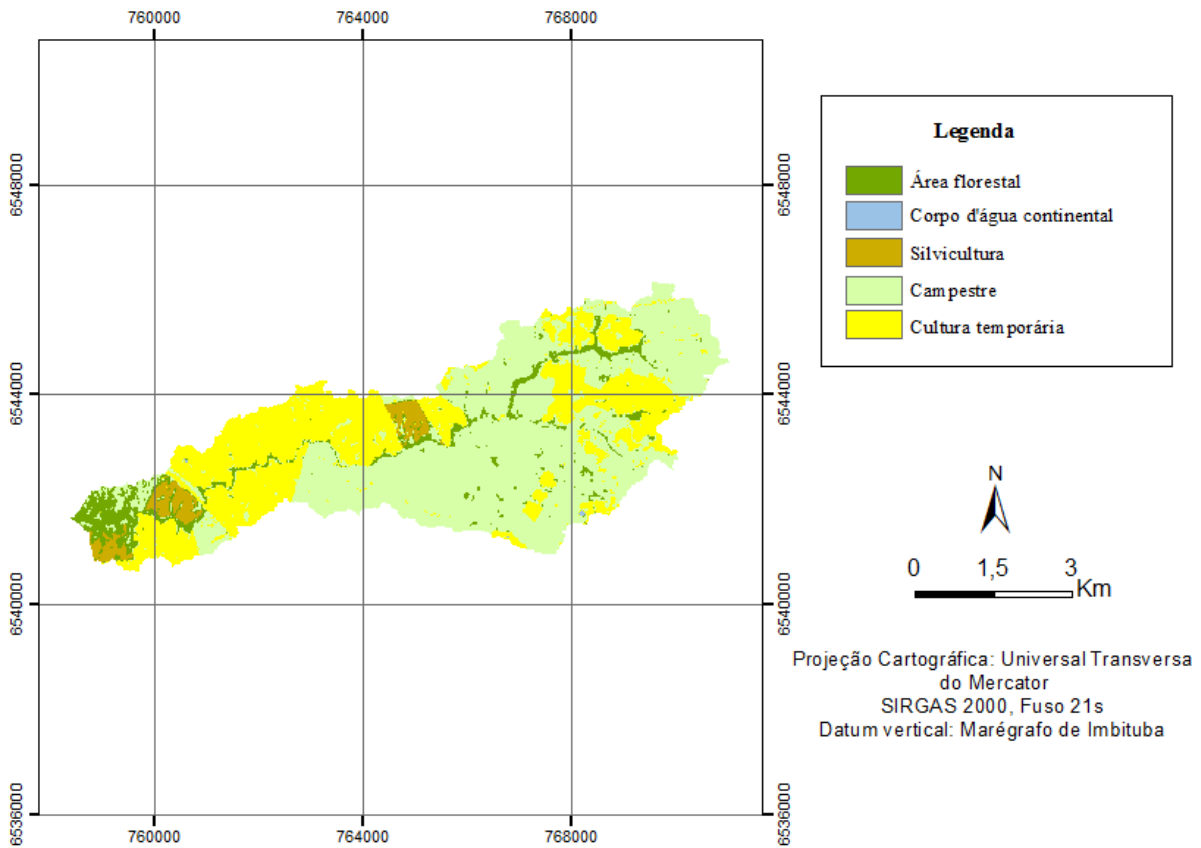


Figura 4 - Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu em 2014

Na tabela 2 apresenta-se a quantificação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica realizada com base nas imagens apresentadas nas figuras 3 e 4, bem como a quantificação das alterações que ocorreram no período em estudo.

Tabela 2. Quantificação do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu

Classe	Área ocupada em 2003 (km ²)	Porcentagem com relação a área total da bacia	Área ocupada em 2014 (km ²)	Porcentagem com relação a área total da bacia	Alteração (km ²)
Campestre	26,97	84,57	16,54	51,90	-10,43
Cultura temporária	1,32	4,14	12,66	39,73	11,34
Área Florestal	2,01	6,29	1,49	4,68	-0,52
Corpo d'água continental	0,02	0,06	0,03	0,09	0,01
Silvicultura	1,57	4,95	1,16	3,66	-0,41

Conforme pode ser verificado na Tabela 2, no ano de 2003, a classe “campestre” abrangia 26,97km² da área de estudo, enquanto no ano de 2014 os campos passaram a ocupar 16,54 km². As áreas ocupadas por culturas temporárias, principalmente milho e soja, em 2003 ocupavam 1,32 km² e, em 2014 passaram a abranger uma área de aproximadamente 12,66km². As áreas



florestais localizadas próximo ao curso dos rios no ano de 2003 ocupava uma área equivalente a 2,01 km², enquanto no ano de 2014 passou a ocupar 1,49 km². A classe “silvicultura” no ano de 2003 abrangia uma área de 1,57km², no ano de 2014 e passou a ocupar apenas 1,16km².

É possível verificar que as áreas ocupadas por culturas temporárias tiveram um crescimento considerável (11,34km²), o que corresponde a 35,57% da área da bacia do Arroio Cambutu. As áreas ocupadas por campo, reduziram 10,43 km², o que corresponde a uma redução de 32,71% com relação a área total da bacia hidrográfica, o mesmo ocorreu com as áreas florestais que , entre 2003-2014 perderam 0,52 km², o que equivale a uma redução de 1,63% da área total da bacia hidrográfica.

A silvicultura, composta basicamente por florestas de Eucalipto e Acácia Negra, sofreu uma redução considerável no período, perdendo uma área equivalente a 0,41% da área total da bacia hidrográfica. As áreas de silvicultura remanescentes em 2014 eram, em sua maioria, pequenas áreas no interior de áreas campestres.

As áreas ocupadas pela classe “corpo d’água continental” aumentaram em 0,01 km² ou 0,03% com relação à área total da bacia hidrográfica.

4. Conclusões

Apresentaram-se, neste artigo, os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na área de abrangência da bacia hidrográfica do Arroio Cambutu, que faz parte da bacia hidrográfica do Rio Negro, Rio Grande do Sul, em 2003 e em 2014. As técnicas de sensoriamento remoto utilizadas foram determinantes para a realização do trabalho. A disponibilidade de dados espaciais sem custo financeiro possibilitou a análise e o monitoramento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Arroio Cambutu entre 2003 e 2014.

A partir do mapeamento realizado, foi possível verificar a ocorrência de mudanças consideráveis com relação aos usos e à cobertura da terra na área de abrangência da bacia hidrográfica. Houve uma grande redução nas áreas ocupadas pela classe campestre. No entanto, a classe continuou como a classe predominante em 2014. Paralelamente, houve um expressivo aumento na classe “cultura temporária”, que ocupou áreas anteriormente ocupadas por campos, áreas florestais e silvicultura. Esse aumento está relacionado ao cultivo de soja, que vem crescendo consideravelmente ao longo dos últimos anos na metade sul do Rio Grande do Sul. Embora as áreas destinadas à agricultura tenham aumentado consideravelmente no período em estudo, os reservatórios não aumentaram na mesma proporção. Isto indica que, apesar do aumento na área plantada com soja, não houve aumento no volume de água armazenada para o seu plantio.

Este estudo faz parte de um trabalho mais amplo, que tem como objetivo principal verificar as alterações que ocorreram na bacia hidrográfica do Rio Negro, localizada no estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, nos últimos quarenta anos e os impactos em seus processos hidrológicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS pelo incentivo através do auxílio financeiro referente ao edital pesquisador gaúcho (PqG) 2013 e PICMEL (2014).

Referências Bibliográficas

- Araújo, E. P.; Teles, M. G. L.; Lago, W. J. S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal. **Anais... Natal: 2009.**
- Barbati, A., Corona, P., D'Amato, E., Cartisano, R.. Is landscape a driver of short-term wildfire recurrence? **Landscape Research**, 40(1), 99-108, 2015.
- Brasil. **Lei no 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Brasília.
- Departamento de Água e Esgoto de Bagé – DAEB. 2007. **Caracterização e diagnóstico da bacia do rio Negro em Território Brasileiro-RS**. Contrato nº 004/2007. Bagé.
- Esri. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.3. Software, 2015.
- Foody, G.M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing Environment**, 80, 185-201, 2002.
- Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- Landis, J.R. E Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174.
- Leite, E. F.; Rosa, R.. **Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins**. OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.
- Maidment, D. 2002. **ArcHydro: GIS for Waterresources**. ESRI Press, Redlands, CA.
- Sajikumar, N., Remya, R.. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. **Journal of Environmental Management**, 161, 460-468, 2015.
- Salvati, L., Ranalli, F., and Gitas, I.. Landscape fragmentation and the agro-forest ecosystem along a rural-to-urban gradient: an exploratory study, **Int. J. Sust. Dev. World**, 21, 160–167, 2014.
- Teferi, E., Bewket, W., Uhlenbrook, S., & Wenninger, J.. Understanding recent land use and land cover dynamics in the source region of the Upper Blue Nile, Ethiopia: Spatially explicit statistical modeling of systematic transitions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 165, 98-117, 2013.
- Teixeira, Z., Teixeira, H., Marques, J.C.. Systematic processes of land use/land cover change to identify relevant driving forces: implications on water quality. **Sci. Total Environ.** 470–471, 1320–1335, 2014.
- United States Geological Survey (USGS). Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.