

# **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na resolução da inadequação dos limites cartográficos da Área de Preservação Ambiental do Sana – Macaé, RJ**

*Use of Geographic Information Systems to solve the inadequacy of cartographic boundaries of the Environmental Preservation Area of Sana – Macaé, RJ*

Carlos André Luz Jeronymo<sup>\*</sup>  
José Augusto Ferreira da Silva<sup>\*\*</sup>  
Kenny Tanizaki Fonseca<sup>\*\*\*</sup>

## Resumo

A Área de Preservação Ambiental (APA) do Sana é uma Unidade de Conservação Municipal com terras privadas e públicas na área rural de Macaé. Sua região vem sendo densamente ocupada, em função do turismo e do avanço urbano. A APA tem um Plano de Manejo e um Zoneamento Ambiental que regula a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais na região. Como o Zoneamento Ambiental é a ferramenta de apoio, a decisão mais importante da APA foi realizada através deste estudo, numa avaliação da adequação cartográfica dos seus limites.

Palavras-chave: Unidade de Conservação. Bacia Hidrográfica. Zoneamento Ambiental.

## Abstract

The Environmental Preservation Area (EPA) of Sana is a Municipal Conservation Unit with private and public lands in the rural area of Macaé. This region has been densely occupied, due to the increase of tourism and urban growth. This EPA has a Management Plan and Environmental Zoning to regulate nature conservation with sustainable use of local natural resources. As the Environmental Zoning is the most important tool to support decisions made by EPA, an evaluation of the cartographic adequacy of its limits was conducted in this study.

Key words: Conservation Unit. Watershed. Environmental Zoning.

<sup>\*</sup>Bacharel em Ciências Biológicas pela UNIRIO, Mestrando em Engenharia Ambiental Profissional no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, IF Fluminense, *campus* Macaé, RJ - Brasil. Laboratório de Geomática e NUPERN. E-mail: carlosjeronymo@gmail.com

<sup>\*\*</sup>Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, IF Fluminense, *campus* Macaé, RJ - Brasil. Laboratório de Geomática e NUPERN. E-mail: jaferreirasilva@gmail.com

<sup>\*\*\*</sup>Dr. em Geoquímica Ambiental pela Universidade Federal Fluminense, Professor da Universidade Federal Fluminense, *campus* Praia Vermelha, Departamento de Ciências Ambientais, Rio de Janeiro - Brasil. E-mail: kenny.fonseca@gmail.com

## Introdução

As geotecnologias (Geoprocessamento, Cartografia, Geodésia, Sensoriamento Remoto, Geoestatística e Computação e tecnologias associadas<sup>1</sup>) são ferramentas consagradas nos estudos de fenômenos ambientais, pois adaptam às informações da superfície da Terra mediante uma aproximação dos meios bióticos e abióticos. Estas tecnologias possibilitam a extração de dados espacialmente georreferenciados, necessários à construção de modelos da realidade (LIMA et al., 2004).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas computacionais de Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas, ao integrarem dados de diversas fontes (p.ex. cartografia, sensores remotos e fotos aéreas) e criarem bancos de dados georreferenciados. Esses sistemas possibilitam automatizar a produção de documentos cartográficos, o que permite o desenvolvimento de mapas mais precisos e de forma mais ágil (XAVIER-DA-SILVA, 2001). Além disso, os SIG proporcionam ao usuário a possibilidade de expedir instruções continuamente e, ao mesmo tempo, receber as saídas na forma de mapas, tabelas e gráficos orientados geograficamente (SILVA, 2007). Desta forma, sua utilização pode facilitar e acelerar o processo de gestão, planejamento e manejo do ambiente (LANG; BLASCHKE, 2009; SILVA, 2007).

A área de estudo é APA do Sana (6° distrito do Município de Macaé - RJ), Unidade de Conservação Municipal de Uso Sustentável. O distrito do Sana é uma região, historicamente, degradada pelos ciclos econômicos da região da Mata Atlântica. A exploração de madeira de lei, café, gado, e banana foram responsáveis pelo desmatamento de grande parte dos morros e encostas íngremes da região, o que fragmentou suas matas em grandes manchas a céu aberto, degradou seus solos e reduziu a vazão das suas águas superficiais (DEAN, 1996; MARINHO, 2011; PMM, 2003). Atualmente, foi atribuído aos solos da APA do Sana um significativo grau de suscetibilidade à erosão (CARDOSO DA SILVA et al., 2012) que, em quase sua totalidade, é provocado por manejos de pastos insustentáveis (CASTRO 2010).

Apesar desse intenso quadro de degradação, o distrito ainda mantém importantes remanescentes florestais e variada fauna que foram preservados em função da redução do desmatamento e da atuação pela preservação da natureza por parte de alguns grupos de agentes locais (PMM, 2003). A mobilização político-social desses agentes culminou na criação da Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável do Sana, através da Lei Municipal n° 2.172 que transformou o 6° Distrito de Macaé em uma Área de Preservação Ambiental Municipal, regulada por um Plano de Manejo e o seu Zoneamento Ambiental (MACAÉ, 2004; MARINHO, 2011; PMM, 2003).

<sup>1</sup> Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Desenho Assistido por Computador (CAD), Modelo Digital de Terreno (MDT) e Processamento Digital de Imagens (PDI)

Mesmo com a implantação da APA e a criação de seu Plano de Manejo, os problemas ambientais da região continuaram. Como constatação, o uso e ocupação irregular das terras do Sana têm sido incrementados pelos atrativos turísticos da região (CAMPOS, 2009; REGO, 2008; PMM, 2003; MACAÉ, 2006) e pelo avanço da área urbana de Macaé (MACAÉ, 2006). Desta forma, cabe ao Conselho Gestor se organizar e mediar o ordenamento territorial da região, através do zoneamento das atividades permitidas, restritivas e proibitivas, instituir e revisar o planejamento ambiental e interceder nos conflitos que possam gerar apreensão entre a população local (COZZOLINO; IRVING, 2004; MARINHO, 2011). Além disso, cabe à prefeitura intensificar os esforços de fiscalização do ambiente e de suporte ao Conselho Gestor na área da APA. A partir disso, o Zoneamento Ambiental se mostra como a principal ferramenta de apoio à gestão de conflitos territoriais e de uso da UC. Desta forma, a delimitação correta dos limites geográficos da UC no zoneamento é primordial para gestão coerente e adequada da mesma.

Apesar disso, Jeronymo e Silva (2011) observaram que os limites contidos no Plano de Manejo e no Zoneamento Ambiental da APA do Sana não são os mesmos que os da lei de criação da UC (MACAÉ, 2001). A Lei Municipal nº 2.172 estabelece que a APA abrange todo território do 6º distrito de Macaé. Já o Plano de Manejo e seu Zoneamento Ambiental estabelecem que “a APA abrange todo o 6º Distrito de Macaé, estando nela contida a Bacia do Rio Sana, importante afluente do Rio Macaé”. Entretanto, os autores observaram que o distrito contido no mapeamento de unidades territoriais político-administrativas para o Município de Macaé (Malha Municipal Digital - BRASIL, 2007) não é a mesma área geográfica do distrito contido no Plano de Manejo e o seu zoneamento (JERONYMO; SILVA, 2011). Além disso, o mapa atribuído à Bacia do Rio Sana no Plano de Manejo não está contido dentro do distrito do Sana (PMM, 2003). Os autores, também, relatam incoerências conceituais na delimitação da Bacia hidrográfica do Rio Sana contida no plano de manejo. Desta forma, detectou-se que as representações cartográficas da APA estão inadequadas.

Como o Zoneamento Ambiental é considerada a ferramenta de apoio à decisão mais importante de uma UC, foi realizada, através deste estudo, uma avaliação do grau de adequação dos limites da APA do Sana. Também foi avaliada a delimitação da Bacia hidrográfica do Rio Sana através de SIGs com a metodologia de vetorização, a partir de edição em tela e modelos hidrológicos automáticos com difentes fontes e escalas de dados cartográficos (COZZOLINO; IRVING, 2004; MARINHO, 2011).

## **Materiais e métodos**

### *Materiais*

- Receptor GPS;
- Cartas topográficas na escala de 1:50.000 de Casimiro de Abreu, Quartéis e Trajano de Moraes (BRASIL, 2005).
- Modelo digital de Elevação .asc - MDE\_27172so, MDE\_27173ne, MDE\_27174ne, MDE\_27174no, MDE\_27174se e MDE\_27174so (BRASIL, 2009);
- Modelo digital de Elevação da Shuttle Radar Topography Mission.tiff (SRTM) - SF-23-Z-B (USGS, 2004).
- Polígono dos Distritos do Município de Macaé - RJ (Base de dados Ambientais de Macaé do IF Fluminense - adaptado a partir de BRASIL, 2007);
- Mapa do Zoneamento Ambiental da APA do Sana e da Bacia do Rio Sana (PMM, 2003);
- Softwares: ArcGis, ENVI e IDRISI (licenças disponíveis no IF Fluminense); microcomputador (disponível no Laboratório de Geomática do IF Fluminense);

### *Metodologia*

O enfoque do “problema”, o norteamento e execução dos procedimentos técnicos tiveram como base o método hipotético-dedutivo e seus desdobramentos (pesquisas empírico-analíticas, investigativos, método de medição e exploratório de gabinete). A hipótese a ser testada, através deste trabalho, é de que os limites cartográficos da APA do Sana, em seu Plano de Manejo e Zoneamento Ambiental, são incoerentes com a Lei Municipal nº 2.172 e que a delimitação da Bacia do Rio Sana contém erros conceituais.

O MDE .asc do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o estado do Rio de Janeiro, na escala de 1:25.000 foi rasterizado no ENVI. Para adequação do modelo, foram coletados pontos de controle (.GCP) em campo. O MDE foi importado em formato. DEM para o ArcGis, onde foi reprojetoado, conforme os parâmetros do IBGE (IBGE, 2005) para o formato UTM, fuso 23S, WGS-1984. Novamente, o MDE foi importado em formato. DEM para o IDRISI onde as depressões espúrias foram removidas a partir do módulo PITREMOVAL. Após essa remoção, foi realizada uma delimitação automática da Bacia do Rio Sana, a partir do módulo WATERSHADE do IDRISI, e uma reclassificação mediante o módulo RECLASS para isolar a Bacia do Rio Sana com identificador 1 para áreas internas da Bacia e com identificador 0 para áreas externas. A Bacia resultante da delimitação automática foi vetorizada no módulo RASTERVECTOR e importada em formato.shp para o ArcGis, onde foi transferida para o geodatabase (.gdb) do Sana. O mesmo procedimento foi seguido sem a adequação do modelo com os pontos de controle coletados em campo.

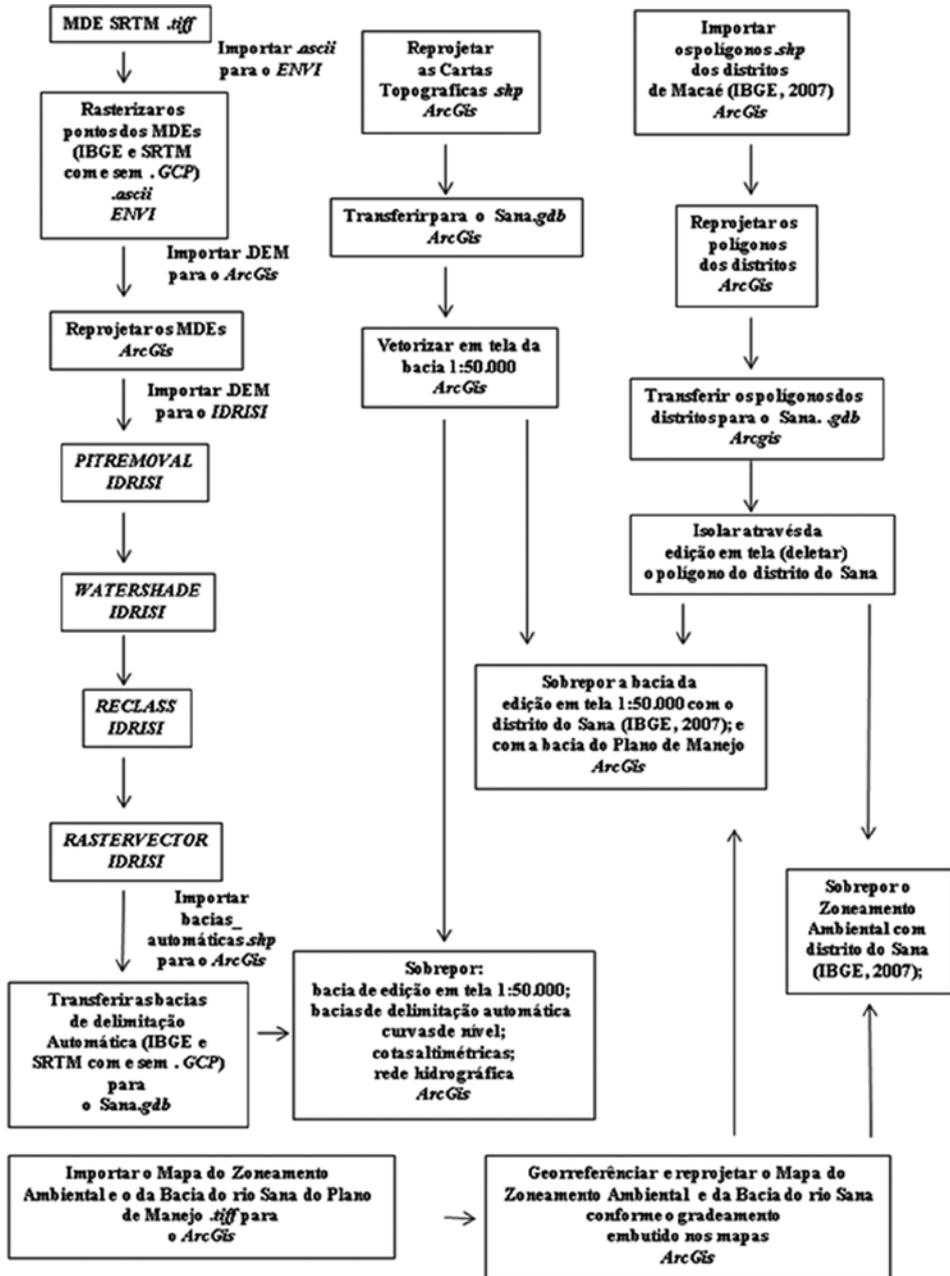
O MDE .tiff do projeto SRTM (90 m de precisão) foi importado em formato .asc pelo ArcGis. No ENVI, o MDE foi adequado com os pontos de controle (.GCP) coletados em campo e depois foi importado em formato DEM para o ArcGis, onde foi reprojetoado, conforme os parâmetros do IBGE (IBGE, 2005) para o formato UTM, fuso 23S, WGS-1984. O MDE foi importado em formato DEM para o IDRISI, onde as depressões espúrias foram removidas a partir do módulo PITREMOVAL. Após essa remoção, foi realizada uma delimitação automática da Bacia do Rio Sana a partir do módulo WATERSHADE do IDRISI e uma reclassificação mediante o módulo RECLASS para isolar a Bacia do Rio Sana com identificador 1 para áreas internas da Bacia, com identificador 0 para áreas externas. A Bacia resultante da delimitação automática foi vetorizada no módulo RASTERVECTOR e importada em formato.shp para o ArcGis, onde foi transferida para o geodatabase (.gdb) do Sana. O mesmo procedimento foi seguido sem a adequação do modelo com os pontos de controle coletados em campo.

As cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000, de Casimiro de Abreu, Quartéis e Trajano de Moraes foram importadas para o ArcGis. Os arquivos em .shp foram reprojetoados, conforme os parâmetros do IBGE (IBGE, 2005) para o formato UTM, fuso 23S, WGS-1984 e adicionados ao.gdb do Sana. Com apoio das feições curvas de nível, cotas altimétricas e rede hidrográfica das cartas topográficas, foi realizada uma delimitação da Bacia do Rio Sana por meio de vetorização, a partir de edição em tela no ArcGis. Durante a edição, procurou-se conectar os divisores de água nas partes mais altas do relevo; desta forma, foi criado um polígono de área cujos limites são os espigões divisores de água que envolvem o Rio Sana e seus afluentes.

Os polígonos em formato .shp com os limites geográficos dos distritos de Macaé (BRASIL, 2007) foram importados para o ArcGis, onde foram reprojetoados, conforme os parâmetros do IBGE (IBGE, 2005) para o formato UTM, fuso 23S, WGS-1984 e adicionados ao.gdb do Sana. Os limites dos distritos de Macaé, exceto os do Sana, foram deletados através da edição em tela. Com isso, se isolou o polígono de área do Sana no .gdb.

O mapa do Zoneamento Ambiental do Sana e da Bacia do Rio Sana contidos no Plano de Manejo foram importados para o ArcGis e georreferenciados com base nas coordenadas imbutidas nos seus gradeamentos e reprojetoados, conforme os parâmetros do IBGE (IBGE, 2005) para o formato UTM, fuso 23S, WGS-1984. Em seguida, o mapa do Zoneamento Ambiental foi sobreposto e comparado com os limites distritais do Sana (BRASIL, 2007) no ArcGis. O mapa da Bacia do Rio Sana do Plano de Manejo foi sobreposto e comparado com o da vetorização em tela no ArcGis. Os Limites da Bacia resultantes da delimitação automática de bacias hidrográficas no IDRISI (IBGE 1:25.000 e SRTM, ambos com e sem correção) foram comparados através de uma sobreposição de camadas com os da delimitação em tela no ArcGis. Como plano de fundo foram sobrepostas as feições curvas de nível, cotas altimétricas e rede hidrográfica a fim de averiguar a imprecisão da modelagem automática e as diferenças de escala dos dados. O fluxo metodológico está representado na Figura 1.

**Figura 1:** Fluxograma com passos metodológicos



Fonte: Jeronymo et al. (2012)

## Resultados e discussão

O distrito do Sana é uma região rural e serrana, degradada pelos ciclos econômicos históricos do Brasil e, recentemente, pelo turismo predatório e o avanço urbano desordenado (MARINHO, 2011). Desta forma, o poder público municipal criou a APA do Sana, através da Lei Municipal nº 2.172 (MACAÉ, 2001), a fim de “proteger, conservar e melhorar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, disciplinar, orientar e ordenar o processo de ocupação, visando à melhoria da qualidade de vida da população local e do visitante, e, também, objetivando a proteção dos ecossistemas representativos na Região”. Segundo a Lei Municipal nº 2.172, a APA abrange todo o distrito do Sana. Já o Plano de Manejo (PMM, 2003) e seu Zoneamento Ambiental (MACAÉ, 2004) determinam que a região geográfica limítrofe da APA abrange todo o 6º distrito de Macaé (Sana) e que nela está contida a Bacia Hidrográfica do Rio Sana.

Entretanto, foi verificado por meio do estudo, que os limites da Bacia não estão completamente contidos no distrito do Sana. A sobreposição da Bacia, editada em tela no *ArcGis* com o distrito mapeado pelo IBGE (2007), revelou que a Bacia do Rio Sana ultrapassa o limite do distrito do Sana com o Frade e Cachoeiros de Macaé, ambos distritos de Macaé, e com Lumiar, distrito de Friburgo (Figura 2). Isso revela que a Bacia não está contida, em sua totalidade, dentro do distrito, como afirma o Plano de Manejo e ainda que a Bacia é intermunicipal. A fim de também averiguar a adequação da área da APA, foram comparados o distrito do Plano de Manejo (Zoneamento Ambiental) com o do IBGE (2007) (Figura 3). A sobreposição de camadas no *ArcGis* revelou diferenças em trechos onde os limites do distrito do plano ultrapassam os do IBGE e, em outros casos, este é ultrapassado, o que denota um erro na demarcação da área distrital e, conseqüentemente, da APA. Por fim, também, foram observadas diferenças no georreferenciamento do Mapa do Zoneamento Ambiental do Sana em relação ao distrito do Sana do IBGE. Essas incoerências nos limites do distrito e o equívoco da localização da Bacia do Rio Sana em relação a UC confirmam o que foi descrito em Jeronymo e Silva (2011), que relataram erros na área da APA e da Bacia do Rio Sana no Plano de Manejo e Zoneamento Ambiental do Sana.

Com isso, há uma inclusão e exclusão de áreas inadequadas na UC, o que impossibilita, nesses locais, a realização de um ordenamento territorial pelo Conselho Gestor. Como consequência, as potencialidades locais e o controle das formas de uso e ocupação do ambiente e seus conflitos inerentes acabam por serem prejudicadas nessas terras (COZZOLINO; IRVING, 2004; MARINHO, 2011). Segundo Albuquerque e Kelting (2011), essa resolução de conflitos deveria ser mediada pelos gestores, mas é ignorada em suas tomadas de decisões pelo desconhecimento dos limites espaciais apropriados.

Outra questão que apresentou problemas graves foi a delimitação da Bacia do Rio Sana no Plano de Manejo. Foram observados erros conceituais na metodologia de delimitação de bacias hidrográficas durante a sobreposição da Bacia vetorizada

em tela com a do Plano de Manejo. O procedimento de delimitação adequado deve procurar conectar os divisores de águas nas partes mais altas do relevo, conforme os pontos contados, para, assim, criar um polígono de área, cujos limites sejam os espigões que envolvem o rio principal e seus afluentes. Neste caso, existem conexões que não circundam os afluentes do Rio Sana (Figura 4) e outras que não conectam os espigões divisores de águas (Figura 5). Além disso, houve um trecho que circunda dois rios (Prata e Desterro) que não são afluentes do Rio Sana (Figura 6). Este fato mostra um erro cartográfico sério que pode prejudicar a gestão de águas local, pois delimitar uma bacia hidrográfica de forma adequada é o primeiro passo para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que, a bacia hidrográfica é a unidade territorial mínima para a manutenção do equilíbrio da dinâmica ambiental local e regional (SOBRINHO et al., 2010; TEODORO et al., 2007).

Como prova da relevância da gestão ambiental com foco em bacias hidrográficas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) estabelece, em seu texto, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a gestão de recursos hídricos. Além disso, a Bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial mais adequada à recuperação de áreas degradadas (ARAÚJO, 2008). Desta forma, a Bacia do Rio Sana deve ter sua área delimitada de forma coerente a fim de adequar a gestão deste importante tributário de contribuição hídrica para a bacia do Rio Macaé. Assim, as terras que realmente fazem parte da Bacia Rio Sana poderão ser geridas de forma apropriada pelo comitê de bacia hidrográfica do rio Macaé e das Ostras sem excluir áreas pertencentes ou incluir aquelas que não pertencem.

As avaliações do grau de adequação das delimitações automáticas da Bacia do Rio Sana oriundas do MDE 1:25.000 do IBGE, com pontos de controle e sem eles, revelaram diferenças significativas da delimitação na forma de vetorização em tela, em um trecho do mapa (Figura 7). Percebe-se que, neste trecho, a delimitação automática invade outra Bacia hidrográfica adjacente ao ultrapassar rios que não são afluentes do Rio Sana (Figura 7). As modelagens automáticas com e sem correções não apresentaram diferenças uma da outra.

Em contrapartida, a delimitação automática de bacias oriunda do MDE do SRTM se revelou adequada em comparação à delimitação em tela, mas somente quando o modelo foi corrigido (remoção de zonas espúrias e adequação com .GCPs) (Figura 8). A única incoerência cartográfica encontrada foi em duas pequenas áreas que ficaram com o traçado da cumeeada diferente da delimitação em tela (dados IBGE 1:50.000), o que pode ser um erro da delimitação ou uma generalização de escala (Figura 9). Possivelmente, essa diferença pode ser relacionada ao fato de não terem sido coletados pontos de controle nesta localidade, uma vez que o MDE do SRTM apresentou imperfeições significativas quando não foi corrigido pelos .GCPs (Figura 10).

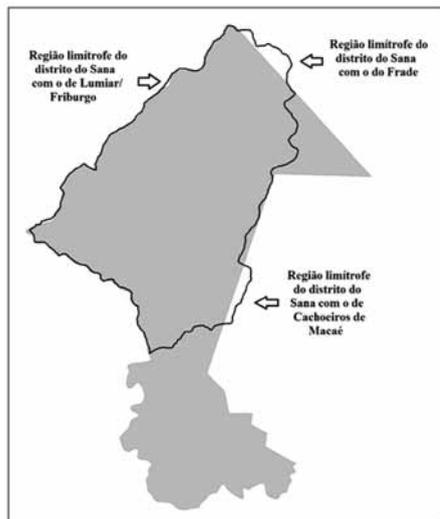
A qualidade de um MDE depende do tipo e da quantidade de erros a ele relacionados e erros são inevitáveis, uma vez que os MDEs são meras representações

da realidade (FELICÍSIMO, 1994). A imprecisão de um modelo automático pode ser atribuída à exatidão dos dados obtidos em campo (FELICÍSIMO, 1994). Outro fator que pode ocasionar este fato é que as superfícies com inclinações superiores a 20° fazem um sombreamento no sensor remoto, o que aumenta a frequência de falhas chamadas depressões espúrias (LUEDELING et al., 2007). Essas depressões são um empecilho ao escoamento, durante a execução dos modelos hidrológicos automáticos, mesmo quando removidas dos MDEs (SOBRINHO et al., 2010).

O trecho com erro nas modelagens oriundas do MDE do IBGE (1:25.000) foi exatamente em uma área na cabeceira do Rio Sana, com declividade e altitude acentuada e dificultado acesso. Desta forma, não foram coletados pontos de controle nesta região. Além disso, o modelo de remoção de zonas espúrias não foi suficiente para impedir o traçado indevido do escoamento na modelagem hidrológica automática. No mais, a delimitação automática foi satisfatória e só apresentou generalizações provocadas pela escala dos dados, que nas cartas topográficas são menores do que no MDE (Figura 11).

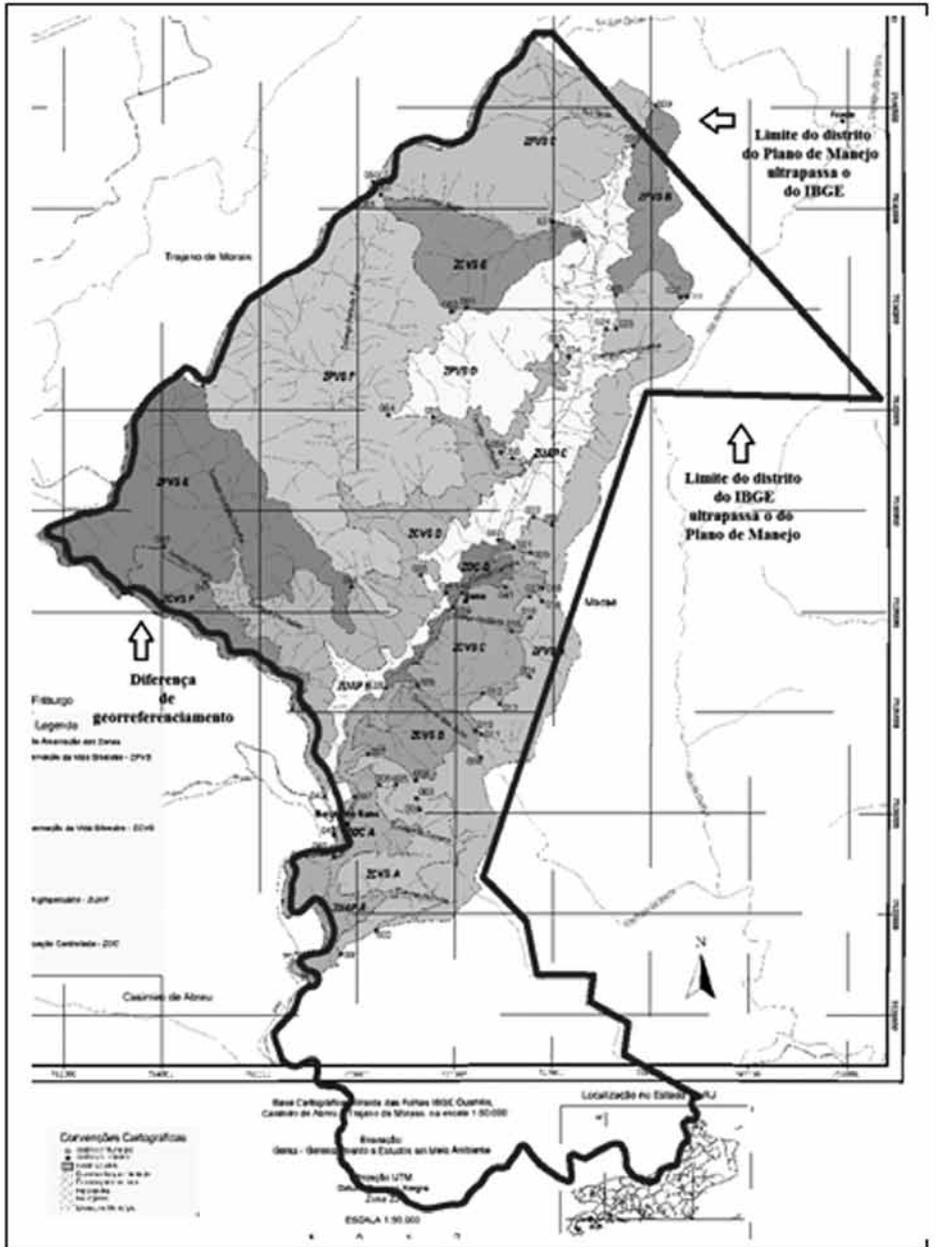
A modelagem oriunda do MDE do SRTM, após a remoção de zonas espúrias e adequação com .GCPs apresentou-se relativamente apropriada em relação à delimitação em tela. Entretanto, sem uma investigação mais acurada não há como confirmar a afirmação de Pinheiro (2006) de que a delimitação automática de bacias hidrográficas com MDEs do projeto SRTM é mais acurada do que o procedimento de delimitação em tela através de cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000, após as correções. Por isso, recomenda-se, sempre, a avaliação do grau de adequação da delimitação automática de bacias com as cartas topográficas, a fim de evitar incoerências cartográficas.

**Figura 2:** Sobreposição do distrito do Sana, fundo cinza, (BRASIL, 2007) com a Bacia Hidrográfica do Rio Sana (vetorizada em tela no *ArcGis*), feição linha na cor preta



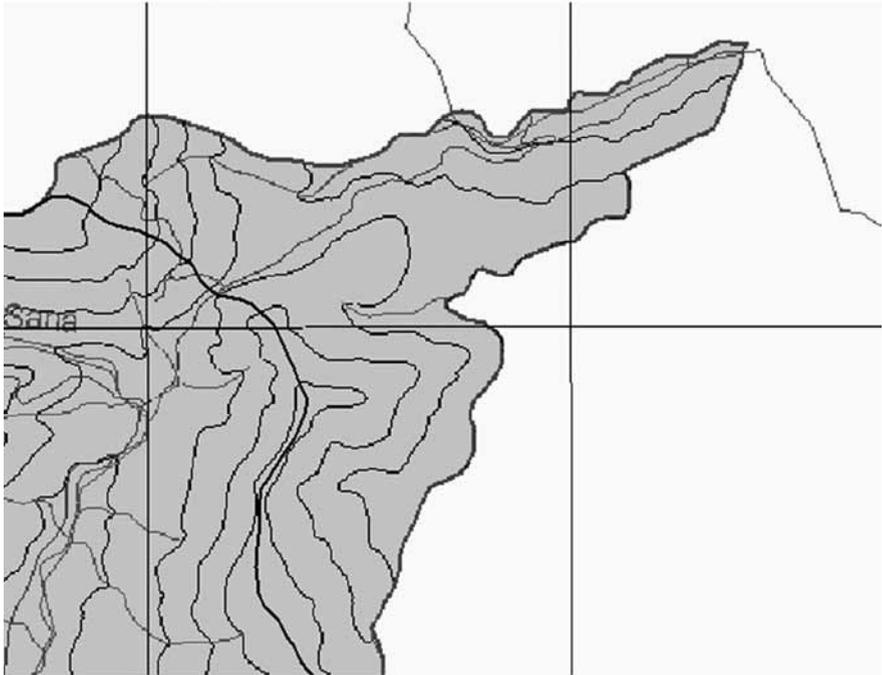
Fonte: Jeronymo et al. (2012)

**Figura 3:** Sobreposição do distrito do Sana contido no Plano de Manejo com o do mapeamento do IBGE (2007), feição linha na cor preta



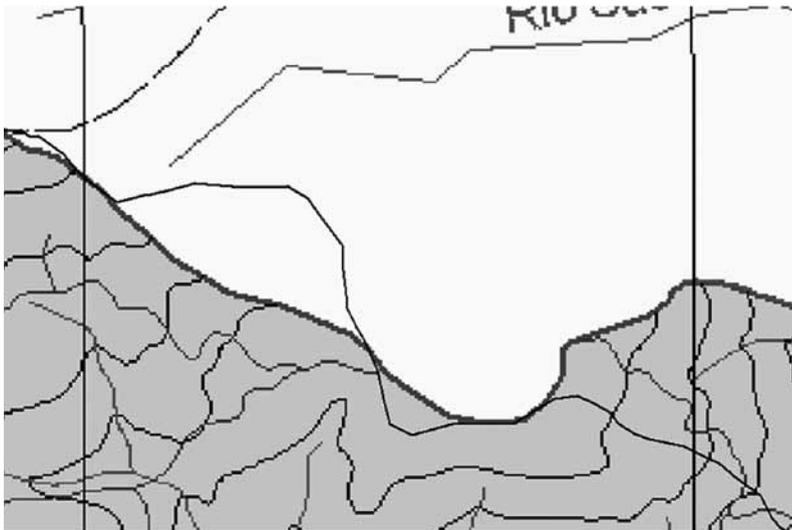
Fonte: Jeronymo et al. (2012)

**Figura 4:** Sobreposição da Bacia do Rio Sana contida no Plano de Manejo com a da edição em tela das cartas topográficas (IBGE), feição linha na cor preta. A Delimitação não circunda afluentes do Rio Sana



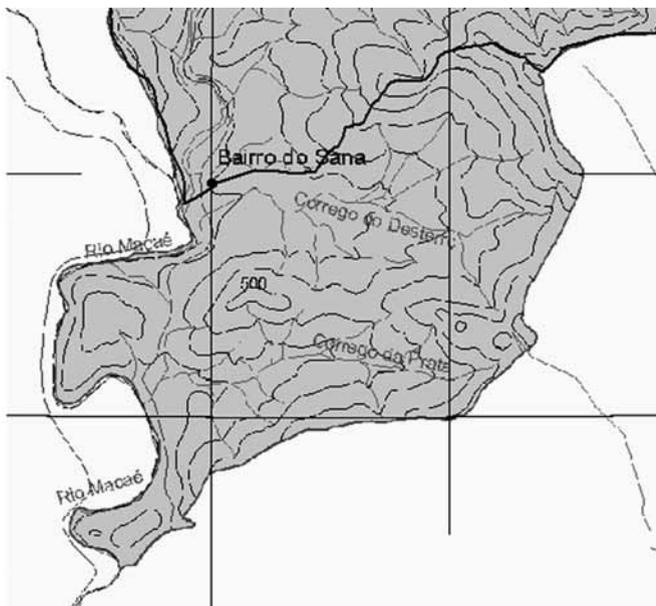
Fonte: Jeronymo et al. (2012)

**Figura 5:** Sobreposição da Bacia do Rio Sana contida no Plano de Manejo com a da edição em tela das cartas topográficas (IBGE), feição linha na cor preta. A Delimitação não conecta os espigões divisores de águas



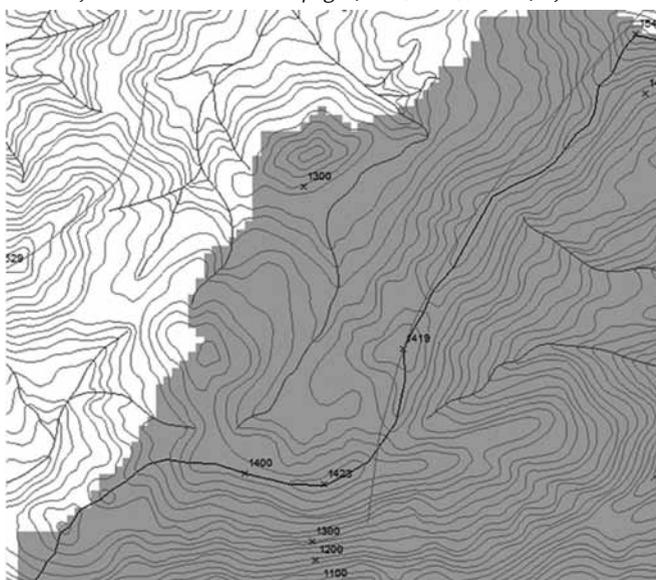
Fonte: Jeronymo et al. (2012)

**Figura 6:** Sobreposição da Bacia do Rio Sana contida no Plano de Manejo com a da edição em tela das cartas topográficas (IBGE), feição linha na cor preta. A Delimitação circunda rios (Prata e Desterro) que não fazem parte da Bacia do Rio Sana



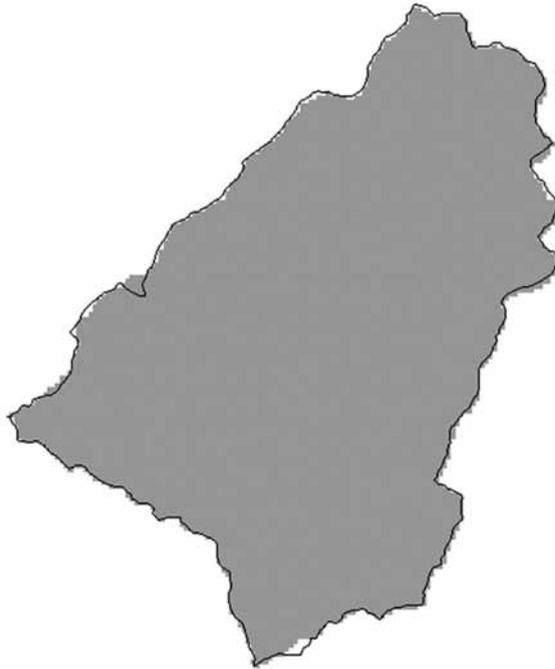
Fonte: Jeronymo et al. (2012)

**Figura 7:** Imprecisão do modelo hidrológico automático. A delimitação automática do MDE (IBGE) em fundo cinza e a delimitação em tela das cartas topográficas (IBGE), como feição linha na cor preta



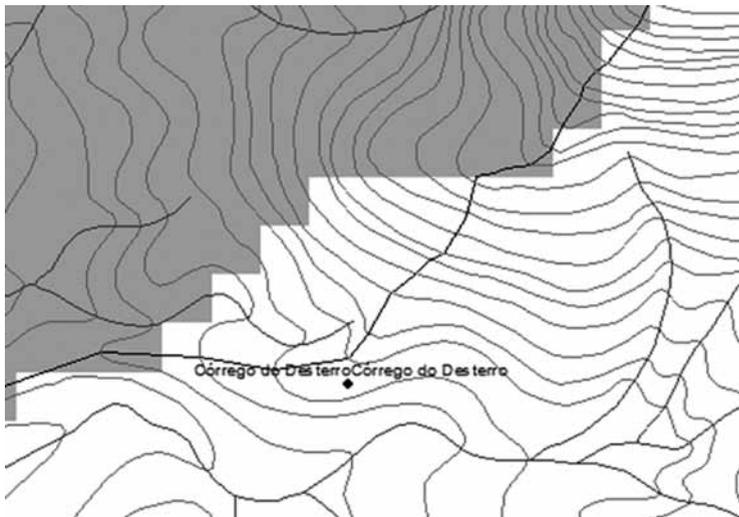
Fonte: Jeronymo et al. (2012)

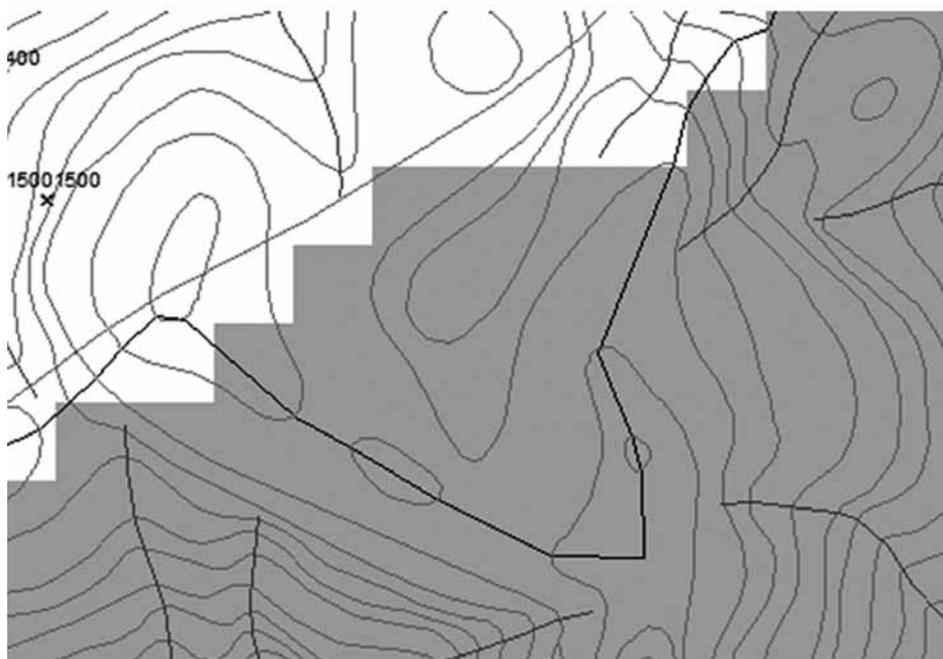
**Figura 8:** Sobreposição da delimitação automática do MDE (SRTM) em fundo cinza e a delimitação em tela das cartas topográficas (IBGE), como feição linha na cor preta



Fonte: Jeronymo et al. (2012)

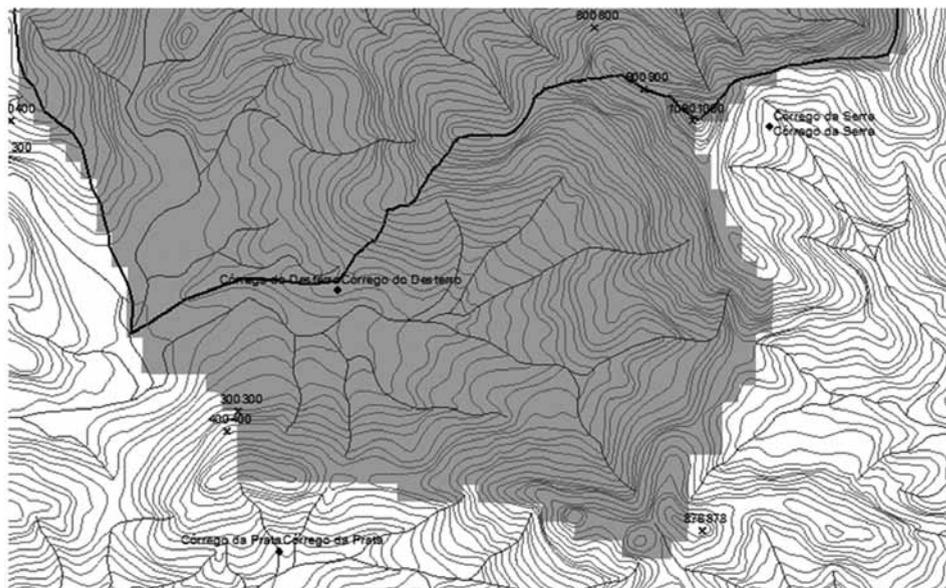
**Figura 9:** Imprecisão ou generalização de escala do modelo hidrológico automático. A delimitação automática do MDE (SRTM) em fundo cinza e a delimitação em tela das cartas topográficas (IBGE), como feição linha na cor preta



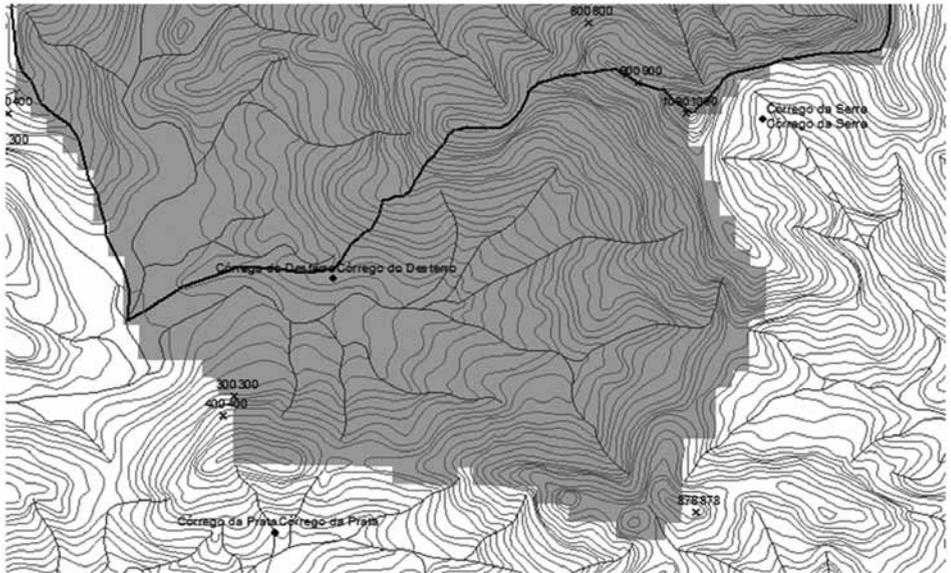


Fonte: Jeronymo et al. (2012)

**Figura 10:** Imprecisão do modelo hidrológico automático. A delimitação automática do MDE (SRTM) em fundo cinza e a delimitação em tela das cartas topográficas (IBGE), como feição linha na cor preta



**Figura 11:** Diferenças de escala e fonte de dados (generalização de escala). A delimitação automática do MDE (IBGE) em fundo cinza e a delimitação em tela das cartas topográficas (IBGE) como feição linha na cor preta



Fonte: Jeronymo et al. (2012)

## Conclusão

Os limites geográficos da APA do Sana, contidos no Plano de Manejo e no Zoneamento Ambiental, devem ser revistos, pois, nestes documentos, consta que a Bacia do Rio Sana está contida no distrito. Desta forma, é recomendado que o Plano de Manejo em sua próxima revisão não mencione este fato ou o mesmo cite que a maior parte da Bacia se encontra contida no limite distrital. Além disso, devem ser revistas as delimitações da Bacia Hidrográfica do Rio Sana e da área do distrito, pois estes apresentam erros conceituais cartográficos e de georreferenciamento que impossibilitam a proteção e a conservação dos recursos naturais nas áreas excluídas e impedem as ações participativas da comunidade nestas localidades. Em relação às diferenças de escala na delimitação de bacias hidrográficas, estas não constituem erros e, sim, generalizações realacionadas à precisão de dados. Desta forma, recomenda-se, sempre, o uso dos dados mais precisos disponíveis, no que tange ao tempo e aos limites financeiros do projeto. Não se recomenda o uso da delimitação automática diretamente, pois ela pode apresentar erros de delimitação inerentes à coleta e à qualidade dos dados. Assim, o mais adequado é averiguar a adequação desta, antes do seu uso, ou utilizá-la como instrumento de apoio e padronização da vetorização em edição em tela.

## Referências

ALBUQUERQUE, BRUNA MARIA RODRIGUES DE FREITAS; KELTING, FÁTIMA MARIA SOARES. Planejamento ambiental como subsídio para o ordenamento territorial da APA de Balbino-Cascavel-Ceará. Revista Geográfica de América Central, Costa Rica, Número Especial EGAL, p. 1-17, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm)>. Acesso em: 17 set. 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Modelo digital de Elevação. Arquivos .asc MDE\_27172so, MDE\_27173ne, MDE\_27174ne, MDE\_27174no, MDE\_27174se e MDE\_27174so. Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapeamento de Unidades territoriais. Malha Municipal Digital do Município de Macaé. Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cartas topográficas (1:50.000). Folhas de Casimiro de Abreu, Quartéis e Trajano de Moraes. Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 2005.

CARDOSO DA SILVA, Luiz Fernando Tavares; CASTRO, Urubatan Nery de; GUERRA, Antonio Jose Teixeira; LIMA, Fabio da Silva; MENDES, Stella Peres; BEZERRA, Jose Fernando Rodrigues. Degradação ambiental em áreas destinadas à pecuária na Bacia Hidrográfica do Rio Sana, Macaé – RJ. Revista de Geografia, Recife, v. 29, n. 1, p. 45-59, 2012.

CASTRO, Urubatan Nery; NEVES, Sara Regina de Araujo; SILVA, Luiz Fernando Tavares Cardoso; MENDES, Stella Peres; GUERRA, Antonio Jose Antonio Teixeira. Mapeamento de feições erosivas e cicatrizes de escorregamento por unidades de relevo na Bacia do Rio Sana (Macaé – RJ). Revista Sinageo, Recife, v. 3, p. 19-33, 2010.

CAMPOS, F. L. M. Áreas de Preservação Permanente: Efetividade da legislação e novas propostas para gestão ambiental territorial. 2009. 148 p. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2008.

CLARK LABS. IDRISI GIS, IDRISI Taiga, version 16. Software. 2009.

ITT VISUAL INFORMATION SOLUTIONS. ENVI, Environment for Visualizing Images, version 4. Software. 2003.

COZZOLINO, L. F. F.; IRVING, M. A. A APA do Sana (Macaé, RJ) na perspectiva da população local. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 7., 2004, Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: [Sn], 2004. p. 23-25.

DEAN, W. A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 9.3. Software. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Decreto nº 4.740, de 13 de junho de 2003. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro, 2005, 8 p.

FELICÍSIMO, A. M. Modelos digitais del Terreno: introducción aplicaciones en las ciencias ambientales. Oviedo: Universidad de Oviedo, 1994. Disponível em: < <http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf> >. Acesso em: 17 set. 2012.

JERONYMO, CARLOS ANDRÉ LUZ; SILVA, JOSÉ AUGUSTO FERREIRA. Proposta de manejo de paisagem na APA do Sana (Macaé-RJ). Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes, v.5, n.2, p. 173-201, 2011.

LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da Paisagem com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LIMA, ELAINE DE CACIA DE; SANQUETTA, CARLOS ROBERTO; KIRCHNER, FLÁVIO FELIPE; FERRETTI, ELIANE REGINA. Qualidade da paisagem: Estudo de caso na floresta ombrófila mista. Revista Floresta, Curitiba, v.34, n.1, p. 45-56, 2004.

LUEDLING, EIKE.; SIEBERT, SIEBERT.; BUERKERT, ANDREAS. Filling the voids in the SRTM elevation model - A TIN-based delta surface approach. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, New York, v.62, n.4, p.283-294, 2007.

MACAÉ. Prefeitura Municipal de Macaé. Lei n° 076 de 10 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor do Município de Macaé. Disponível em: <[http://www.macaerj.gov.br/downloads\\_ver.php?arquivo=midia/conteudo/arquivos/1270002165.pdf](http://www.macaerj.gov.br/downloads_ver.php?arquivo=midia/conteudo/arquivos/1270002165.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2011.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Municipal n° 2.560 de 2004. Dispõe sobre a legislação específica da Área de Proteção Ambiental do Sana, que compreende o território do 6° distrito do município de Macaé e institui normas para o parcelamento, o uso e a ocupação do solo e a construção, e dá outras providências. Mimeografado.

MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Lei Municipal n° 2.172, de 30 de novembro de 2001. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA do Sana. Mimeografado.

MARINHO, P. A. Unidade de Conservação ambiental de uso sustentável: APA do Sana, um instrumento de intervenção territorial tácito? 2011. 85 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Geografia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes - RJ.

MARTINS, SEBASTIÃO RIBEIRO. Recuperação de Áreas Degradadas: Ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2009. 270p.

PINHEIRO, Eduardo da Silva. Comparação entre dados altimétricos Shuttle Radar Topography Mission, cartas topográficas e GPS: Numa área com relevo escarpado. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 1-9, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. Plano de Manejo da APA do Sana - fase 1. Macaé, ONG Viva Rio, Rio de Janeiro, 2003. 123 p. Mimeografado.

REGO, V. V. B. S. Paraísos perdidos ou preservados: a conquista da cidadania em áreas de proteção ambiental. Mudanças ambientais globais: a contribuição da ANPAS ao debate. In: ENCONTRO DA ANPAS, 6., 2008, Brasília.

SILVA, R.M. Introdução ao Geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações. Nova Hamburgo: Feevale, 2007.176 p.

SOBRINHO, TEODORICO ALVES; OLIVEIRA, PAULO T. S.; RODRIGUES, DULCE B. B.; AYRES, FABIO M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados

SRTM. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n. 1, p.46-57, 2010.

TEODORO, VALTER LUIZ IOST; TEIXEIRA, DENILSON; COSTA , DANIEL JADYR LEITE; FULLER, BEATRIZ BUDA. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista Uniara, Araraquara, v. 20, p. 137-157, 2007.

USGS. Reprocessing by the GLCF. 2004. (1, 3, 30) Arc Second SRTM Elevation, Reprocessed to GeoTIFF. College Park, Maryland: The Global Land Cover Facility. Version 1.0.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento para análise ambiental. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v. 1. 228 p.