

Comparação entre as Ferramentas Stereo Analyst e Arc Hydro Tools

Pedro Savas Senna ¹
Prof^a. Dr^a. Mariane Alves Dal Santo ²
Prof^o. Dr. Francisco Henrique de Oliveira ³
Áthila Gevaerd Montibeller ⁴

UDESC – CCE – Geografia Laboratório de Geoprocessamento
88035001 Florianópolis SC
¹ pedro_ssenna@hotmail.com
² marianedalsanto@udesc.br
³ chicoliver@yahoo.com.br
⁴ athilabq@gmail.com

Resumo: As redes de drenagem são altamente afetadas pela ocorrência de movimentos de massa e de chuvas excepcionais durante um desastre natural. Os rios podem mudar de curso e ainda serem entulhados e até bloqueado por depósitos de sedimentos que descem das encostas. No município de Luis Alves – SC, onde esses fenômenos têm acontecido com frequência, os estudos relacionados a estes acontecimentos são de grande importância na gestão de risco natural. Como o aprimoramento das técnicas de estudo ligadas a estes fenômenos são cada vez mais eficazes, tentou-se analisar comparativamente dois métodos de obtenção da rede de drenagem: um manual, através da ferramenta *Stereo Analyst* (ERDAS - 11); e outro automatizado, através da extensão *Arc Hydro Tools* (ArcGis). A metodologia usada neste estudo envolve o uso de imagens de satélite, criação de modelos digitais de terreno, ortorretificação de imagens, criação de redes de drenagem em meios estereoscópicos, obtenção de redes de drenagem automaticamente, e ao final sobreposição e comparação entre os resultados obtidos.

Palavras-chaves: Rede de drenagem, gestão de risco natural, comparação.

Abstract: The drainage networks are highly affected by the occurrence of mass movements and exceptional rains during a natural disaster. Rivers can change course and still be stuffed and even blocked by deposits of sediment down the slopes. In the Luis Alves's municipality -SC where these phenomena has often happened studies related to these events are of great importance in management of natural hazards. How to improve the technique studies related to these events are increasingly effective, tried to analyze comparatively two methods of obtaining the drainage network: a manual, Stereo Analyst through the tool (ERDAS 11), and other automated trough Arc Hydro Tools extension (ArcGis). The methodology used in this study involves the use of satellite imagery, creating digital terrain models, image orthorectification, the network of drainage facilities stereoscopic obtaining drainage networks automatically, and the final overlay and comparison between the results obtained.

Key-words: Drainage network, management of natural hazard, comparison.

1. Introdução

A obtenção de redes de drenagem tem importância nos estudos direcionados a bacias hidrográficas, estas servem para estudos tanto de conservação da água que é um recurso natural fundamental para garantir vida no planeta, como para estudos relacionados a gestão de riscos naturais. Dentre os fenômenos que provocam desastres naturais que afetam a rede de drenagem, destacam-se: deslizamentos de encostas, inundações, enchentes, portanto é fundamental explorar cientificamente e tecnicamente as ocorrências destes fenômenos por meio do emprego, de softwares. Especialmente esses softwares são utilizados objetivando a prevenção dos desastres, neste sentido o município de Luis Alves/SC se apresenta

como sendo um exemplo claro da necessidade do emprego de softwares para estudar o comportamento do ambiente, pois frequentemente é atingido por desastres ambientais relacionados às chuvas intensas que ocasionam quedas de encostas e por vezes soterramento de edificações. Por fim, tem-se claro que estudar a rede de drenagem frente às variações da dinâmica ambiental, em um sistema computacional (automático), passa a ser instrumento de máximo apoio na gestão territorial.

Verifica-se atualmente, com o avanço tecnológico nas mais diversas áreas do conhecimento, o crescente uso dos softwares para criação automatizada de redes de drenagem e estudos de bacias hidrográficas, com a extração a partir de modelos digitais de elevação (MDE), definindo uma mudança de comportamento no qual os métodos analógicos (tradicional) passam a ser substituídos. Neste sentido, os parâmetros definidores e motivadores para o desenvolvimento desse trabalho, foram o estudo referente ao estado da arte e o potencial de aplicação dos software para análise de bacia hidrográfica e de rede de drenagem.

Este trabalho apresenta-se uma comparação entre os métodos manuais e automáticos, utilização da ferramenta Stereo Analyst, que opera no software ERDAS, é considerada a aplicação do método manual, já a ferramenta Arc Hydro Tools, que opera no programa ArcGis 10, é considerada como o método automático. Os métodos aplicados para estudo da rede de drenagem tem o objetivo de analisar comparativamente os dois procedimentos supra citados.

Os dois programas geram de formas diferentes uma rede de drenagem, a ferramenta Stereo Analyst opera com um par de imagens estereoscópicas gerando uma visualização em 3 dimensões, onde foi possível vetorizar manualmente todos canais que existiam na imagem, gerando uma rede de drenagem completa de qualidade e boa visualização, pois a imagem Ikonos foi ortorretificada anteriormente, já a ferramenta Arc Hydro Tools que utiliza uma estrutura de dados de modelos digitais de elevação com a finalidade de extrair informações hidrológicas, gerou automaticamente, após algumas etapas, a rede de drenagem. Os dois layers gerados foram sobrepostos, e comparados (visualmente).

1.1 Área de estudo

A área que foi utilizada para este estudo está localizada na microbacia do Ribeirão Sorocaba, no município de Luis Alves, estado de Santa Catarina, a área de estudo tem 100 km² (Figura 1)

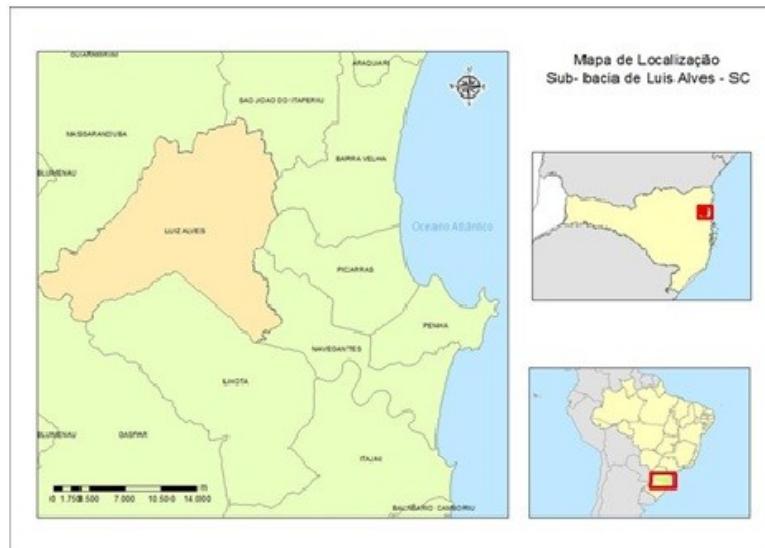


Figura 1 : Área de estudo

2. Fundamentação Teórica

Neste trabalho utilizam-se técnicas de obtenção de redes de drenagem, automáticas e manuais, para chegar a resultados consistentes foi necessário percorrer um longo processo, iniciado com: a) compra de imagens de satélite Ikonos; b) criação de Modelos Digitais de Elevação e Ortorectificação no software ERDAS com a ferramenta LPS; c) Vetorização da rede de drenagem manualmente usando a ferramenta Stereo Analyst; e d) obtenção de uma rede de drenagem automática no software Arc Gis, ferramenta Arc

Hydro Tools. Desta forma, nos subitens vinculados ao item 2, apresenta-se brevemente alguns conceitos que envolvem as geotecnologias.

2.1 Satélites Ikonos

O satélite Ikonos foi lançado em setembro de 1999 pelo foguete Athena II, apresentando a resolução espacial de 1m, para o sensor pancromático, e resolução de 4m para o sensor multiespectral. A largura da faixa de recobrimento é de 13 km no nadir, sendo assim a precisão da imagem apresenta-se com 12m na horizontal, e 3m verticalmente, na condição de não controle. Uma vez que haja controle geométrico, tem-se um novo cenário, assim 2m para os valores horizontais, e 3m na vertical. O satélite Ikonos orbita a uma altitude de 423 milhas, ou 681 quilômetro, sendo o seu tempo de revisita de 2,9 dias tem a resolução de 1 metro. (ERDAS 1999)

2.2 Modelos digitais de elevação

A obtenção de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) tem suas aplicações em estudos relativos à geomorfologia, constituição dos solos, estudos hidrográficos e vegetativos (pelo dossel), além de áreas com ambientes delicados entre outras observações (VALERIANO, 2008).

Os dados topográficos são geralmente expressos como uma série de pontos apresentando os valores de X, Y e Z. Quando os dados topográficos são levantados em campo, são pesquisados uma série de pontos incluindo os pontos extremos de maior e menor altitude. Ao longo das características de interesse que definem a topografia, tais como fluxos e linhas de cristas, e entre vários outros pontos. DEM e DTED são expressos como pontos regularmente espaçados.

Para criar os arquivos de DEM e DTED, necessariamente uma grade regular é sobreposta aos contornos topográficos (ERDAS 1999).

2.3 Ortorretificação

A Ortorretificação é considerada um procedimento técnico que executa retificação da imagem, ou seja, corrige o deslocamento do terreno e o DEM (MDE) da área de estudo é utilizado como dado base de entrada no sistema para realizar o procedimento. Baseia-se em equações de colinearidade. Em áreas relativamente planas, a ortorretificação não é necessária, mas em regiões, montanhosas em que o grau de precisão para o mapeamento faz-se necessário, ortorretificação é recomendada (ERDAS 1999).

2.4 Vetorização

Embora seja possível ter pontos, linhas e polígonos em uma única camada (nível de mapeamento), uma camada consiste tipicamente de um tipo de funcionalidade. É possível ter uma camada de vetor para representar estradas (linhas) e outra camada para representar parcelas territoriais (polígonos). Uma camada de vetor é definida por um conjunto de recursos, onde cada função tem uma localização e, possivelmente atributos (ESRI 1989). Camadas vetoriais contêm tanto características do vetor (pontos, linhas, polígonos), bem como informações de atributos (ERDAS 1999).

As camadas de vetores utilizadas no ERDAS IMAGINE são baseadas no modelo de dados ArcInfo, compostas por pontos, linhas e polígonos. Estas camadas são topologicamente completas, o que significa que as relações espaciais entre características são mantidas (ERDAS 1999).

2.5 Stereo Analyst - Estereoscopia

A estereoscopia está diretamente relacionada a capacidade de enxergar em 3 dimensões, isto é, perceber a profundidade. O princípio de funcionamento da maioria dos dispositivos estereoscópicos é baseia-se no na disponibilidade de imagens distintas ao olho esquerdo e direito do observador, proporcionando sensação de profundidade, tal qual quando se observa um objeto real. A base para a percepção estereoscópica é a disparidade binocular do sistema visual humano, que gera duas imagens ligeiramente diferentes quando uma cena é projetada nas retinas dos olhos. As duas perspectivas diferentes das imagens são fundidas no córtex visual do cérebro de forma a compor uma simples visão estereoscópica (tridimensional). Sensores fotográficos podem simular a distância interocular dos olhos humanos e produzir por meio de um par de imagens a mesma sensação de profundidade (SISCOUTTO 2004).

Os dados Stereo Analyst GIS 3D coletados usando imagens 3D geográficas pode ser usada para modelagem espacial, análise de GIS e Visualização em 3D e simulação de aplicações (ERDAS 2010).

2.6 Arc Hydro

Um modelo hidrológico pode ser definido como uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície e/ou subsuperfície terrestre (MAIDMENT, 1993).

Neste trabalho é apresentada a utilização da estrutura de dados e do conjunto de ferramentas denominado Arc Hydro desenvolvidas em parceria pela Universidade do Texas e pela empresa ESRI, que operam internamente ao programa ArcGis (MAIDMENT, 2002).

Arc Hydro pode ser entendido tanto como um conjunto de ferramentas como uma estrutura de dados projetada para armazenar e relacionar entre si conjuntos de dados geográficos utilizados na área de recursos hídricos. A estrutura de dados Arc Hydro é definida utilizando classes de objetos, em que os objetos de uma dada classe possuem propriedades ou atributos em comum, e objetos de classes diferentes podem ser relacionados através de atributos em comum (MAIDMENT, 2002).

Uma sequencia típica de utilização das ferramentas Arc Hydro inicia com um MDE, a partir do qual são obtidas informações como direções de escoamento; área de drenagem; rede de drenagem; definição de trechos de rios; e definição de bacias hidrográficas (COLLISCHONN, 2008).

As ferramentas do Arc Hydro são usadas para derivar dados que coletivamente descrevem a drenagem de uma bacia hidrográfica. A análise dos dados “rasters” é realizada para gerar dados da direção de fluxo, área acumulada, definição de drenagem, segmentação da drenagem e delimitação de bacias. Esses dados são então utilizados para desenvolver uma representação vetorial de uma bacia e sua drenagem a partir de um ponto selecionado. A utilidade das ferramentas do Arc Hydro é demonstrada pela aplicação para desenvolver atributos que podem ser úteis na modelagem hidrológica (FAN e COLLISCHONN, 2009).

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção do par de Imagens Ikonos



Figura 2 - Sennaso_f2.JPG Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para começar o estudo foi adquirido um par de imagens estereoscópicas, neste sentido foi comprado um par de imagens do satélite Ikonos, com área de 100 km². Para que o estudo tivesse confiabilidade foram realizadas saídas de campo para coleta de pontos de controle, visando a criação de um Modelo Digital de Terreno (MDE) e Ortorectificação das imagens. Foram coletados um total de 24 pontos em duas saídas de campo, os pontos foram coletados com um receptor GNSS Geodésico - L1 /L2, esses pontos com suas coordenadas foram transferidos ao software ERDAS 2011, e com a ajuda da ferramenta LPS foi extraído

um MDE 10x10 metros, permitindo a ortorretificação das imagens. O MDE é uma representação matemática/computacional contínua da topografia do terreno distribuída espacialmente às variações de altitude numa área baseada e definida sobre um plano cartográfico num conjunto de coordenadas X, Y e Z. As coordenadas Z representam valores da altitude e profundidade num modelo tridimensional que contenha o atributo elevação, conforme pode ser observado na (Figura 2). O processo de ortorretificação é baseado na correção geométrica do sistema, ou imagem, dessa forma utilizou-se as coordenadas (X, Y e Z) dos pontos de controle, e o MDE como parâmetros de entrada para ortoretilificar a geometria de visada do sensor e gerar a imagem ortorretificada, (Figura 3).



Figura 3 - Sennaso_f3.JPG Imagem Ortoretilificada

3.2 Utilização da ferramenta Stereo Analyst - ERDAS

Com o software ERDAS 2011, foi possível fazer uso da ferramenta Stereo Analyst, que consiste em, ter um par estereoscópico de uma imagem e ser capaz de enxergá-la em 3 dimensões, podendo fazer o estudo sobre rede de drenagem com maior propriedade.

Por meio desta ferramenta foram vetorizados manualmente todos os canais em todos os talvegues existentes na imagem Ikonos, (Figura 4) obtendo uma rede hidrográfica densa e precisa já que a imagem Ikonos estava Ortoretilificada, e assim obteve-se como resultado uma base confiável passível de comparação com o resultado obtido após uso da ferramenta Arc Hydro Tools – ArcGis

3.3 Utilização da ferramenta Arc Hydro Tools – ArcGis

O Arc Hydro Tools foi utilizado como ferramenta à ser estudada, esta ferramenta teve como resultado uma rede hidrográfica, que auxiliado pelo MDE gerou seus canais automaticamente, sem que fosse preciso vetorizá-los.

Os dados topográficos são usualmente trabalhados sob forma de um Modelo Numérico do Terreno (MNT),

ou Modelo Digital de Elevação (MDE), cuja representação mais tradicional é através de uma imagem raster, ou grade, onde cada elemento, ou pixel, tem como atributo o valor de elevação do terreno em relação a um determinado referencial (Burrough e McDonnel, 1998).

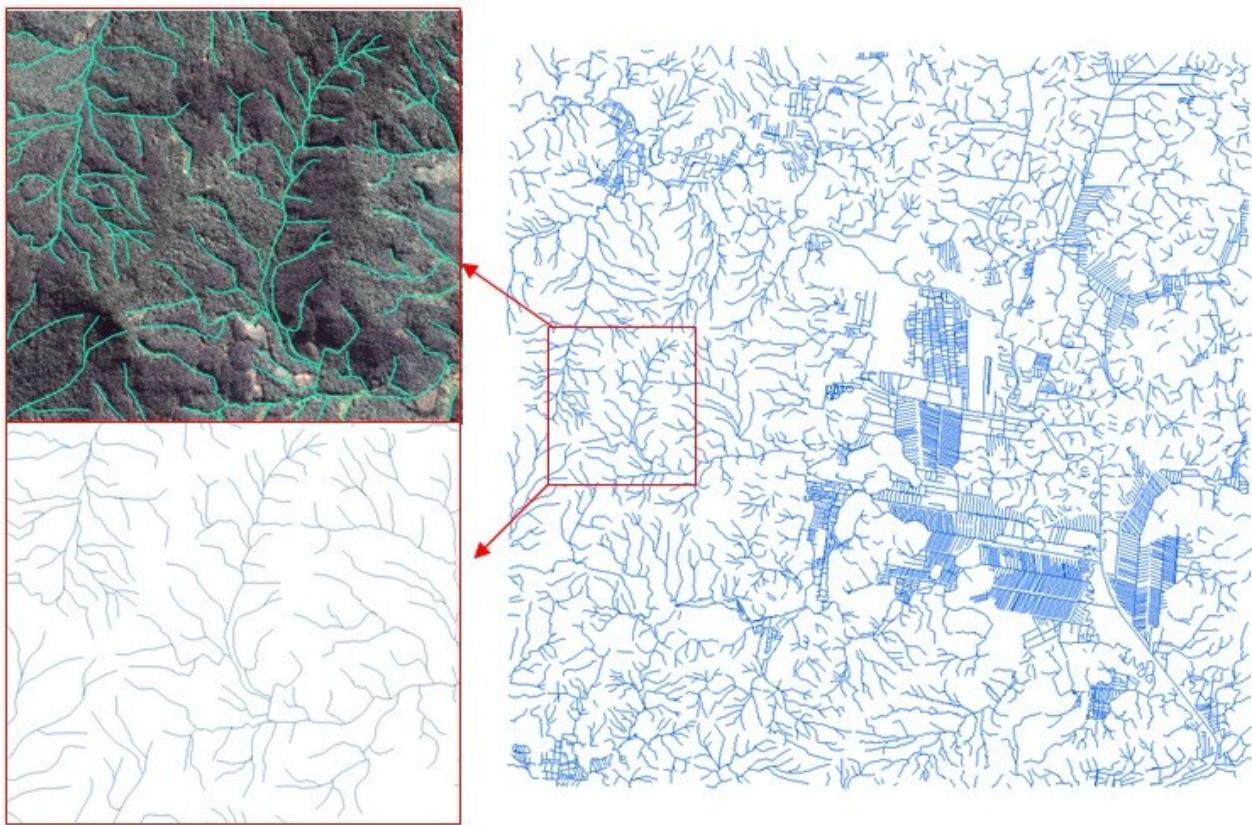


Figura 4 - Sennaso_f4.JPG Vetorização Stereo Analyst (ERDAS)

Para a exibição do resultado que se buscou no Arc Hydro executou-se uma série de ações em etapas metodológicas sucessivas, sendo que cada uma delas gerou um resultado parcial, o qual foi utilizado na etapa subsequente. Para chegar à Rede de drenagem raster passou-se por quatro etapas, distintas: preencher depressões, estabelecer a direção de fluxo, calcular a área acumulada, e então gerar a rede de drenagem raster.

3.3.1 Preencher depressões, para chegar até a rede de drenagem, foi preciso iniciar com a função preencher depressões (Fill sinks), nesta etapa, como o nome diz, preencheu-se qualquer erro que o MDE trouxe nos pixels. Sendo assim, se alguma célula apareceu sem valor o software coletou os dados das oito células adjacentes, calculando um valor para a célula com problemas (celula central), ou célula sem valor. Como apresentado esquematicamente na Figura 5.

3.3.2 Direção de fluxo (Flow Direction), esta etapa tem o mesmo princípio da etapa anterior, e só é possível obtê-la se todos os pixels tiverem algum valor definido. Portanto, foi considerado um único valor em cada pixel, sendo assim calculou-se o valor entre o pixel central e os pixels vizinhos, um valor de declividade foi atribuído a eles, permitindo que a água flua de um pixel para o seu adjacente, determinando para qual vizinho será drenado. (Figura 5).

3.3.3 Área acumulada (Flow Accumulation), esta etapa também é dependente da anterior, a direção de fluxo determina as áreas de acúmulo. Somando cada pixel da etapa anterior gera-se uma nova imagem raster com os dados de toda superfície, totalizando o escoamento que cada pixel contribui para acúmulo da área.

3.3.4 Definição da rede de drenagem raster (Stream Definition), soma-se os dados em uma grade de drenagem que tenha o valor de “1” para os pixels de entrada do *layer* área acumulada que tenham um valor maior que o limiar especificado. E todos os outros pixels tenham um valor de “0” na *layer* área acumulada não são computados, contabilizado os pixels com, e sem valor a rede de drenagem é gerada

(Figura 6). O arquivo de saída é do tipo raster, ou grade.

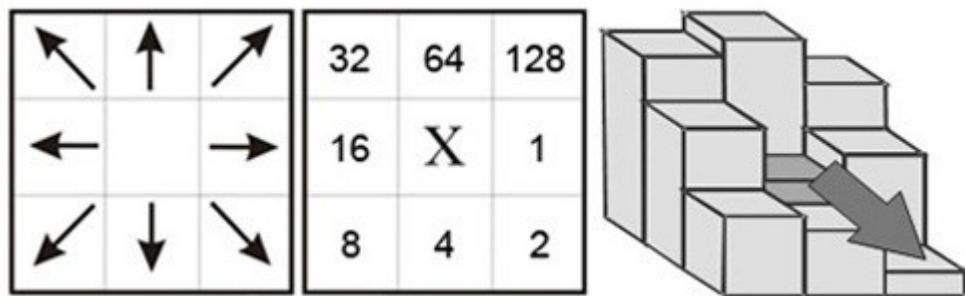


Figura 5 - Sennaso_f5.JPG Direção de fluxo (Eighth Direction Pour Point Model)

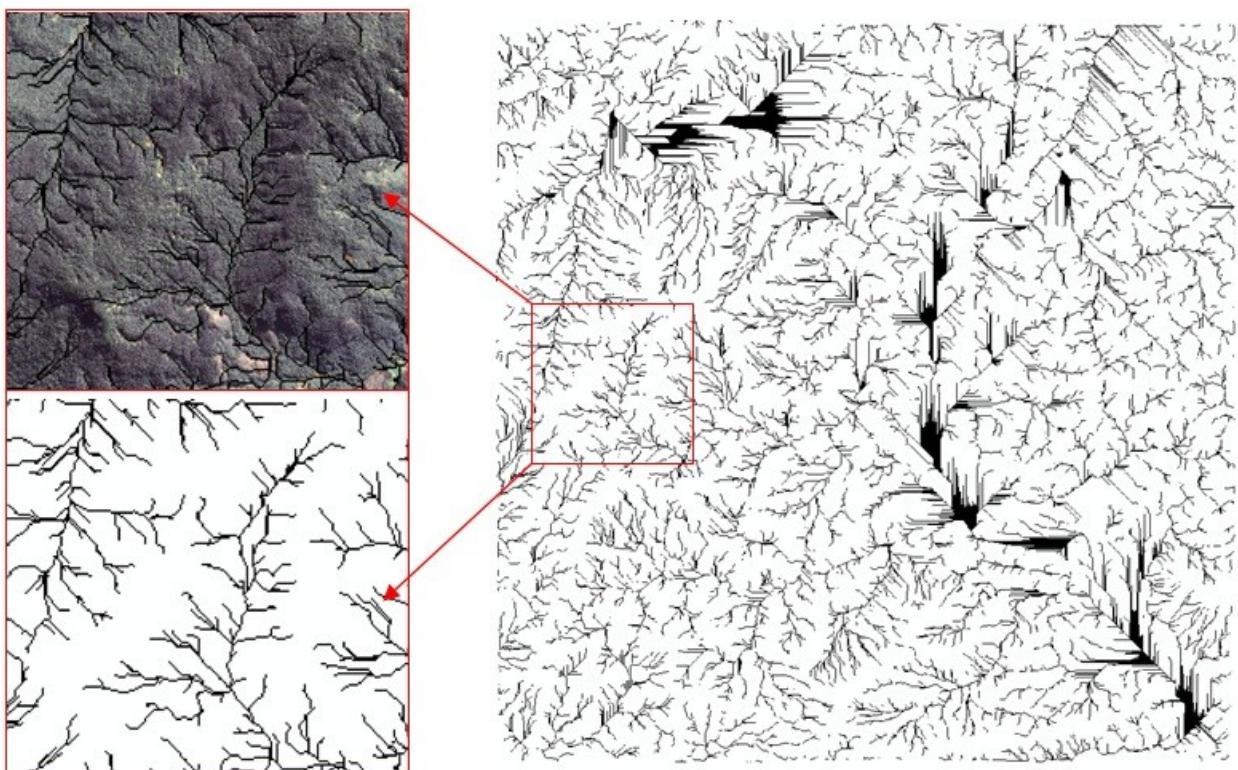


Figura 6 - Sennaso_f6.JPG Rede de drenagem raster (Arc Hydro Tools)

Pode-se também nesta etapa fazer a escolha do número de células, capazes de criar uma malha com mais ou menos canais, deixando mais ou menos densa a rede de drenagem criada pelo Arc Hydro. Foi utilizado um total de 50 células neste estudo, optando por uma malha menos densa. Se fosse utilizada uma malha mais densa, os canais nas planícies ficariam com uma visualização de qualidade questionável, uma vez que se juntariam e visualmente o resultado seria pouco efetivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados extraídos automaticamente com a ajuda da ferramenta Arc Hydro Tools foram comparados com a vetorização da rede de drenagem feita manualmente no software ERDAS, com a ferramenta Stereo Analyst.

Os testes foram feitos seguindo exatamente o Manual Arc Hydro (FAN e COLLISCHONN, 2009), e foram feitos mais de uma vez, com o objetivo de se aproximar o máximo possível da rede de drenagem do Stereo

Analyst, o teste com o resultado mais próximo da vetorização manual foi escolhido para o estudo.

Ao final obtiveram-se resultados que se dividem em duas partes, um resultado para as áreas planas, e um resultado para as áreas de encosta.

4.1 Resultados Áreas Planas

Nas áreas planas, os canais gerados pelo software não estão de acordo com aqueles gerados manualmente através de estereoscopia. Isso se deve a baixa qualidade geométrica do MDE naquelas áreas, que dispõe de poucos pontos de controle (GCP – Ground Control Point) o que resulta em baixa eficiência das ferramentas automatizadas do Arc Hydro, neste estudo. Além disso, nesta área de estudo muitos rios foram retilinizados com o propósito de auxiliar a cultura de arroz, prática muito comum no município de Luiz Alves (Figura 7).

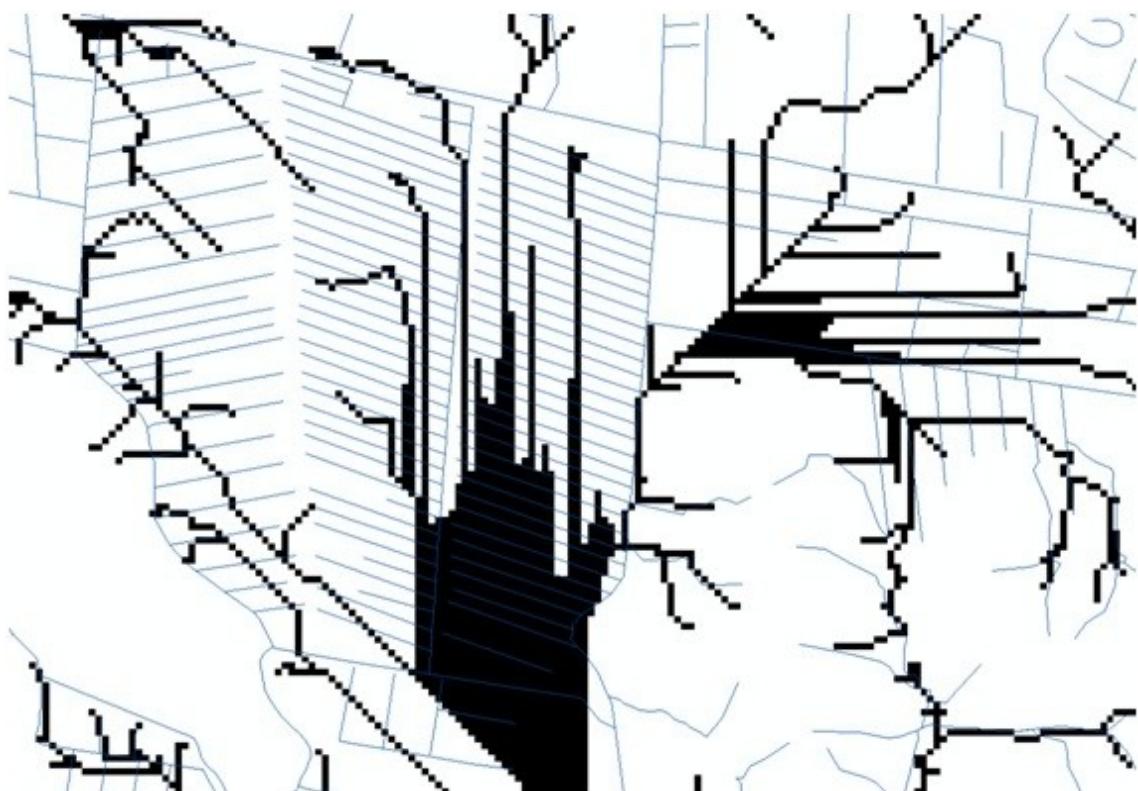


Figura 7 - Sennaso_f7.JPG Áreas Planas (canais de irrigação)

4.2 Resultados Áreas de Encostas

Nas encostas, situação em que o relevo é declinoso e o modelado de elevação é bem definido, apresentando nitidamente os talvegues e as cumeeiras dos morros, o software Arc Hydro Tools gerou uma resposta satisfatória. Portanto, a rede de drenagem ficou bem definida e o produto gerado (mapeamento temático) pela digitalização manual e a geração automática quase que se sobreponham perfeitamente, apresentando somente pequenas discrepâncias, conforme pode ser visualizado na Figura 8.

Existe um deslocamento entre as duas redes de drenagem por dois motivos. O primeiro motivo refere-se a vetorização manual que foi executada visualmente, logo alguns canais se separam, esta separação não acusa um erro grave na modelagem automática já que o software não consegue contabilizar as retilinizações feitas nos canais pelo homem, não respeitando o curso natural dos rios e elevação do terreno (Figura 9), o Arc Hydro usa as formas de elevação para criar os rios, então ele respeita as cotas dos pixels na criação da rede de drenagem.

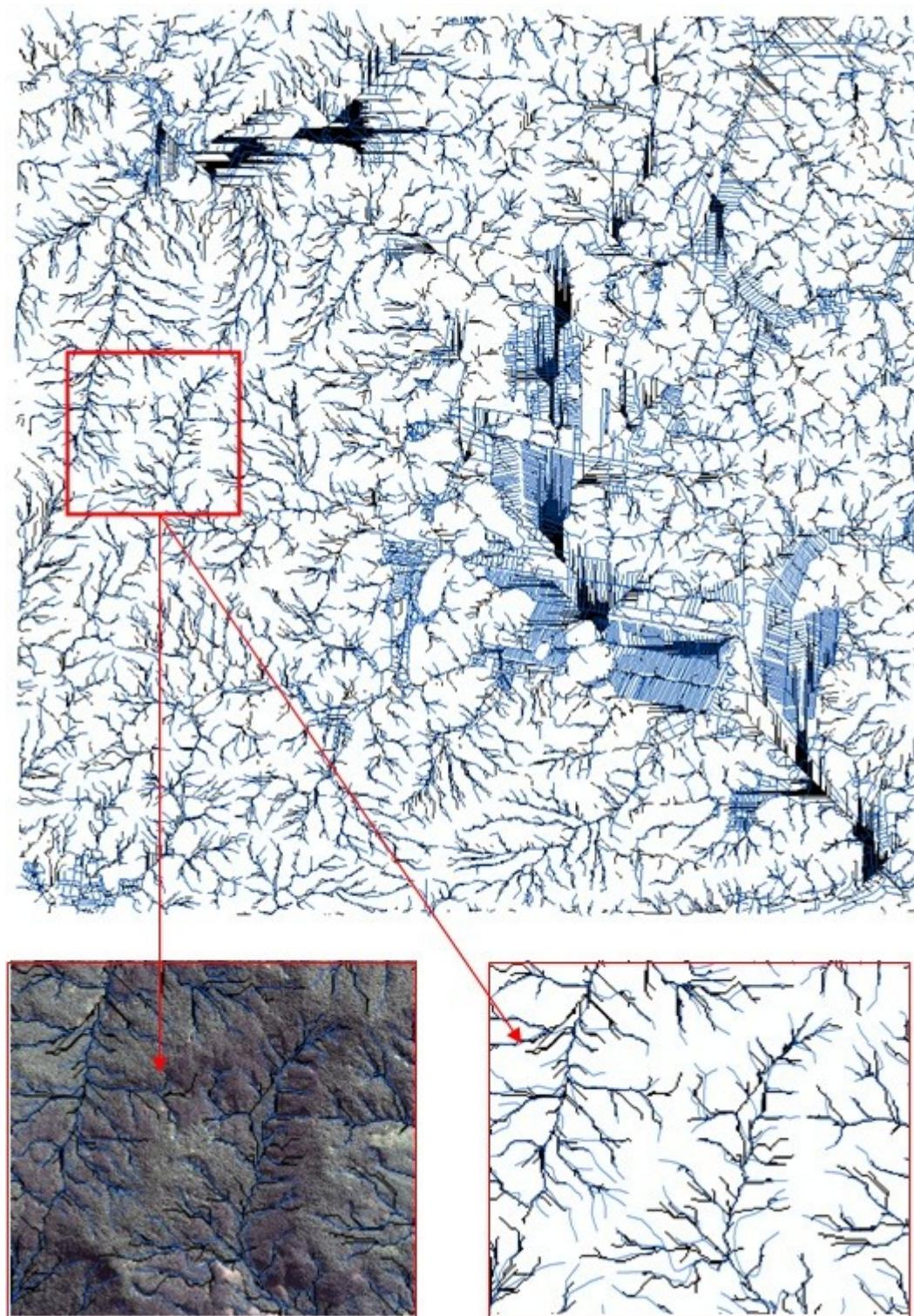


Figura 8 - Sennaso_f8.JPG Sobreposição das redes de drenagem



Figura 9 - Sennaso_f9.JPG Canais Retilíneos

O segundo motivo é a resolução espacial do MDE, o modelo digital de elevação usado pelo software neste estudo tem um pixel de tamanho 10x10 metros, e o arquivo de saída que o Arc Hydro Tools traz é em raster. Colada a rede de drenagem raster sobre a rede drenagem vetor o deslocamento de 10 metros pode existir e neste caso é inevitável.

Para validar o produto cartográfico em função da escala gerada, foi calculado o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) segundo a lei, no decreto nº 85.817/84 Capítulo II, Especificações Gerais, Seção I, Classificação de uma carta quanto a sua exatidão.

Para verificar o PEC foram criados dois *shapes*, em um foram marcados pontos nos principais vértices dos canais feitos manualmente e em outro, os pontos foram marcados nos mesmos vértices obtidos automaticamente. Foi considerado que a vetorização manual por ter sido feita sobre uma imagem ortorretificada seu erro seria igual à zero. Um total de 20 pontos de controle distribuídos geometricamente nas encostas foram coletados, sendo posteriormente calculada a discrepância entre a vetorização manual e automática. A Tabela 1 apresenta os valores para as coordenadas medidas no produto vetorizado e gerado automaticamente (20 pontos), dessa forma foi calculada a média do erro padrão (EP), sendo esta média igual a 11,570 metros. Após esta etapa foi calculado o PEC cuja formula adotada foi: $PEC = 1,6449 * EP$

Tabela 1 - Apresenta as discrepâncias entre as duas redes de drenagem

Ponto	E hydro	N referencia	E vetor	N referencia	ΔE	ΔN	ΔE ²	ΔN ²	Distância
1	711428,448	7042967,294	711438,648	7042974,914	10,200	7,620	104,040	58,064	12,732
2	711800,953	7042430,199	711809,949	7042442,228	8,996	12,038	80,928	144,913	15,028
3	715767,589	7042175,488	715754,995	7042178,249	-12,594	2,752	158,609	7,574	12,891
4	715106,967	7042790,765	715097,905	7042796,189	-9,062	5,424	82,120	29,420	10,561
5	711248,691	7039479,374	711250,808	7039484,507	2,117	5,133	4,482	26,348	5,552
6	710030,956	7039294,944	710038,151	7039299,911	7,196	4,974	51,782	24,741	8,748

	4	1	5						
7	711962,33 8	7038448,53 2	711947,97 1	7038446,30 9	-14,367	-2,223	206,41 1	4,942	14,538
8	710030,79 2	7039294,95 3	710038,14 8	7039299,98	7,356	5,027	54,111	25,271	8,910
9	710172,84 2	7038767,51 9	710160,27 4	7038772,73 2	-12,568	5,213	157,95 5	27,175	13,606
10	711101,7	7037595,19 5	711089,39 7	7037604,19	-12,303	8,995	151,36 4	80,910	15,241
11	711547,89 8	7037150,57 8	711560,28	7037158,04	12,382	7,462	153,31 4	55,681	14,457
12	710327,17 8	7036436,98 2	710330,48 5	7036443,72 9	3,307	6,747	10,936	45,522	7,514
13	710366,51	7036788,92 9	710361,82	7036785,19 8	-4,690	-3,731	21,996	13,920	5,993
14	711985,96 6	7035778,84 4	711988,66 5	7035774,24 1	2,699	-4,603	7,285	21,188	5,336
15	711415,12 7	7034629,70 4	711409,41 2	7034641,92 8	-5,715	12,22 4	32,661	149,42 6	13,494
16	709735,86 6	7034129,87 8	709727,82 2	7034121,83 5	-8,044	-8,043	64,706	64,690	11,375
17	713164,34 3	7033608,75 1	713171,22 3	7033603,59 1	6,880	-5,160	47,334	26,626	8,600
18	715478,12 9	7033449,52 4	715479,55 8	7033460,00 2	1,429	10,47 8	2,042	109,78 8	10,575
19	719599,01	7035556,90 8	719615,67 9	7035549,23 5	16,669	-7,673	277,85 6	58,875	18,350
20	719616,42 1	7041263,03 4	719604,07 5	7041275,99 9	-12,346	12,96 5	152,42 4	168,09 1	17,903
								Média	11,570
								DP	3,894

Média 11,570
PEC 19,03149
Desvio Padrão 3,894

Parâmetros estatísticos calculados quanto ao PEC:

Assim foi obtido como resultado o valor de PEC de 19,03149 metros, entretanto o limite para trabalhar na classe A do PEC usando a escala 1:50000 planimétrica, é de 25 metros, então pode-se afirmar que com o resultado do PEC sendo 19,03149 metros, ele enquadra-se na classe A 1:50000. A relação dos parâmetros do PEC pode ser observada na Tabela 2.

Já o limite para se trabalhar na classe A da escala 1:25000 planimétrica, de acordo com o PEC, o resultado deve estar abaixo do valor de 12,5 metros, um resultado que não foi obtido, porém alcançou-se a classe B nesta mesma escala, 1:25000, uma vez que o valor do PEC precisar estar abaixo de 20 metros.

Logo avaliando somente o desvio padrão é possível dizer que a escala planimétrica deve ser menor ou igual a 1:13000 no PEC classe A.

Tabela 2 - Parâmetros do PEC

Classe	Planimetria PEC
A	0,5mm x escala
B	0,8mm x escala
C	1,0mm x escala

5. CONCLUSÃO

As análises revelam resultados satisfatórios na criação da Rede de Drenagem usando a ferramenta Arc Hydro Tools, para as imagens que se enquadram na área de estudo (Município de Luiz Alves - SC). Ressalta-se que um MDE de resolução espacial de 10 metros apresentou deslocamentos esperados e guardando as devidas proporções neste espaçamento 10x10 metros as redes de drenagens manuais e automáticas se assemelham bastante nas encostas, tanto na análise visual quanto na automática. Na área plana a rede de drenagem se comportou também de maneira esperada, com o grande número de canais de irrigação muito próximos uns dos outros, e a baixa qualidade geométrica do MDE, os canais se uniram e o resultado visual e automático foram ruins, não satisfatórios.

Com o valor do PEC obtido, a ferramenta Arc Hydro prova que também pode auxiliar nos estudos de análises ambientais e análises hidrográficas, cujos temas estão diretamente ligados a prevenção de desastres naturais, considerando, por exemplo, o deslizamento de encostas.

6 BIBLIOGRAFIA

MAIDMENT D. R. Arc Hydro: GIS for Water Resources. Redlands, CA, ESRI Press. 2002
IPH Trabalho de regionalização de vazões do Tocantins.

COLLISCHONN, Bruno. Protótipo de Sistema de Controle de Balanço Hídrico para apoio à outorga integrado a um Sistema de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL E SUDESTE, 2008, Rio de Janeiro.

MAIDMENT, D.R. GIS and hydrologic modeling. In: Goodchild, M.F.; Parks, B.O.; Steyaert, L.T.; ed. Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, 1993. Cap. 14, p. 147-167

FAN, Fernando Mainardi; **COLLISCHONN**, Walter. MANUAL ARC-HYDRO PARA APLICAÇÃO DO MODELO MGB-IPH: versão 1.2. Rio Grande do Sul: 2009.

ERDAS (United States Of America). ERDAS Field Guide: Fifth Edition, Revised and Expanded. Atlanta, Georgia: 1999. 672 p.

SISCOUTTO, RA Et al. Estereoscopia. In: **KIRNER**, C; **TORI**, R (eds.) Realidade Virtual: Conceitos e Tendências. Cap 11, p. 179-201. São Paulo: Editora Mania de Livro, 2004.

ERDAS (United States Of America). ERDAS Stereo Analyst. Atlanta, Georgia: 2010. 316 p.

PARREIRRA, Sinara Fernandes. Utilização das imagens Ikonos para a derivação de produtos cartográficos como apoio à gestão de risco e movimento de massa. 2011 127p. : Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, Florianópolis, 2011.

NÓBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque; **SANTOS**, Clodomiro Dos; **CINTRA**, Jorge Pimentel. Comparação quantitativa e qualitativa entre o Modelo Digital gerado pelo SRTM e por aerofotogrametria. São Paulo: USP/poli, 2005.

LOCH, Ruth E. **Nogueira**. Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

CIQUEIRA, Jorge. Et al. ORIENTAÇÃO DE IMAGENS IKONOS UTILIZANDO A TRANSFORMAÇÃO MATRIMÁTICA APM - AFFINE PROJECTION MODEL. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 2003, Belo Horizonte. Anais.... Belo Horizonte: SBC, 2003.

CASSETI, Valter. Ambiente e Apropriação do Relevo. São Paulo: Contexto, 1991

GUPTA, R. Remote sensing geology. Springer, Berlin Heidelberg, 1991. 356p..