



*DESENVOLVIMENTO DO TOPODATA

Márcio de Morisson Valeriano

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Bolsista CNPq

(*) Do projeto:

- Modelagem de dados topográficos SRTM (proc. No. 306021/2004-8(NV))



Dados topográficos e informações derivadas

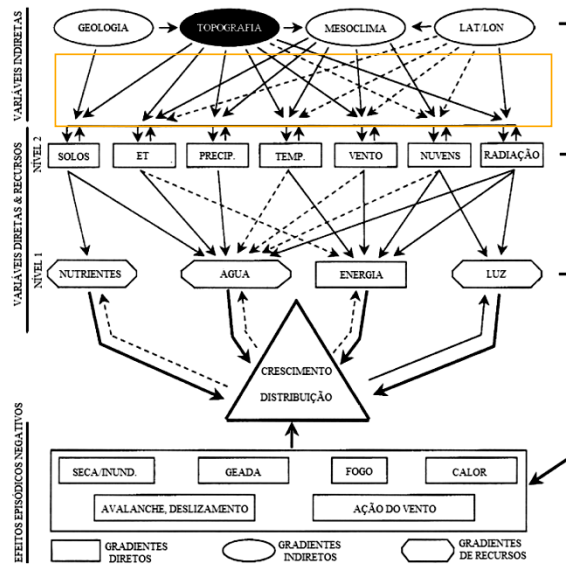
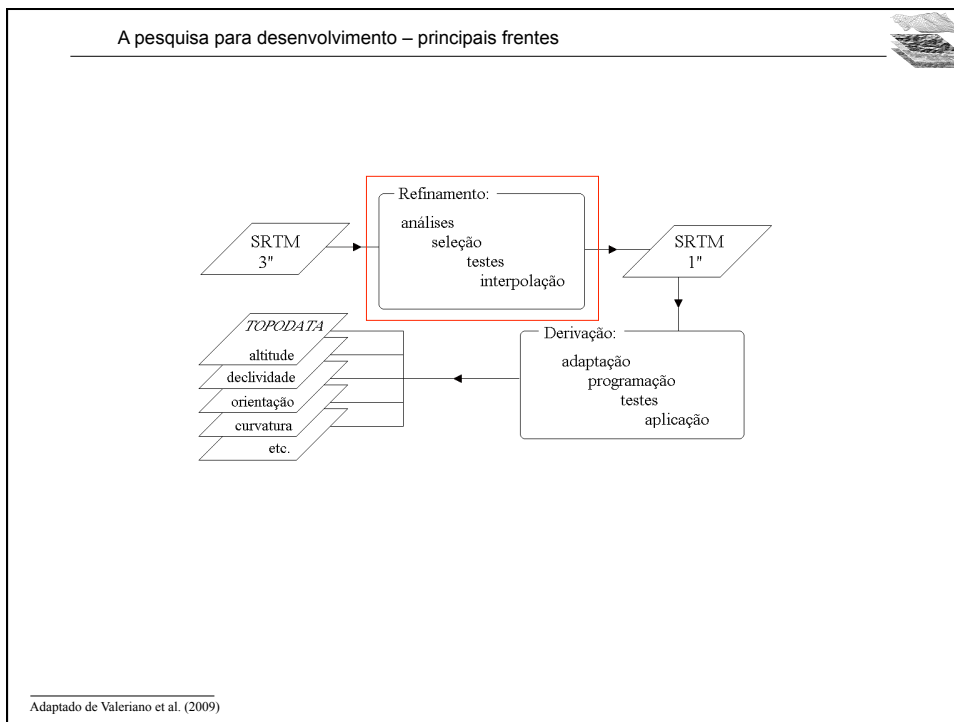
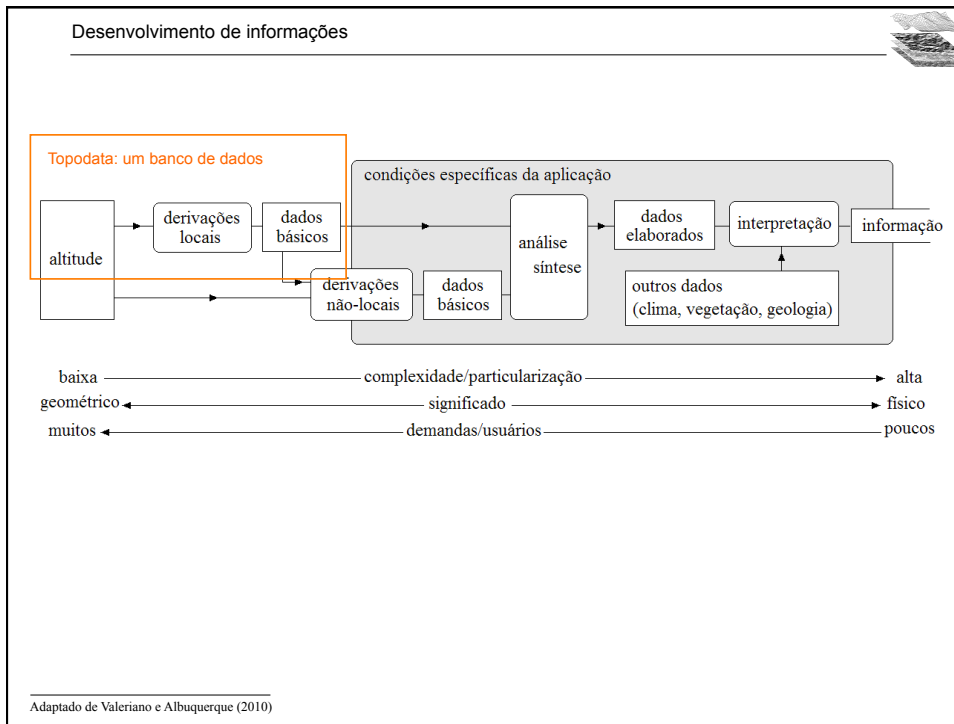
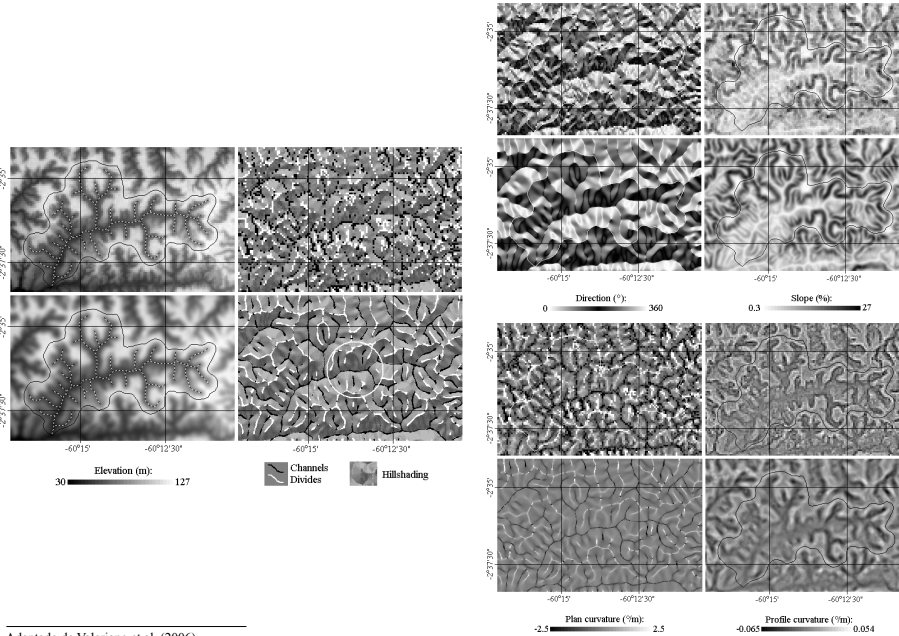


Figura 2.1 – Modelo da relação entre o meio físico e distribuição da vegetação. Fonte: adaptado de Guisan e Zimmermann (2000).

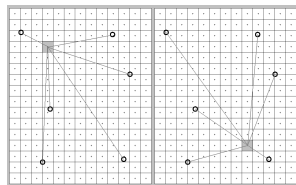


Interpoladores - Testes sobre dados SRTM e efeitos nas derivações



Adaptado de Valeriano et al. (2006)

Modelos digitais de elevação (MDE) – interpolação

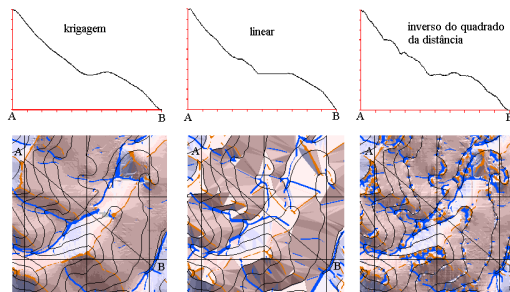


Fórmulas gerais dos métodos de interpolação:

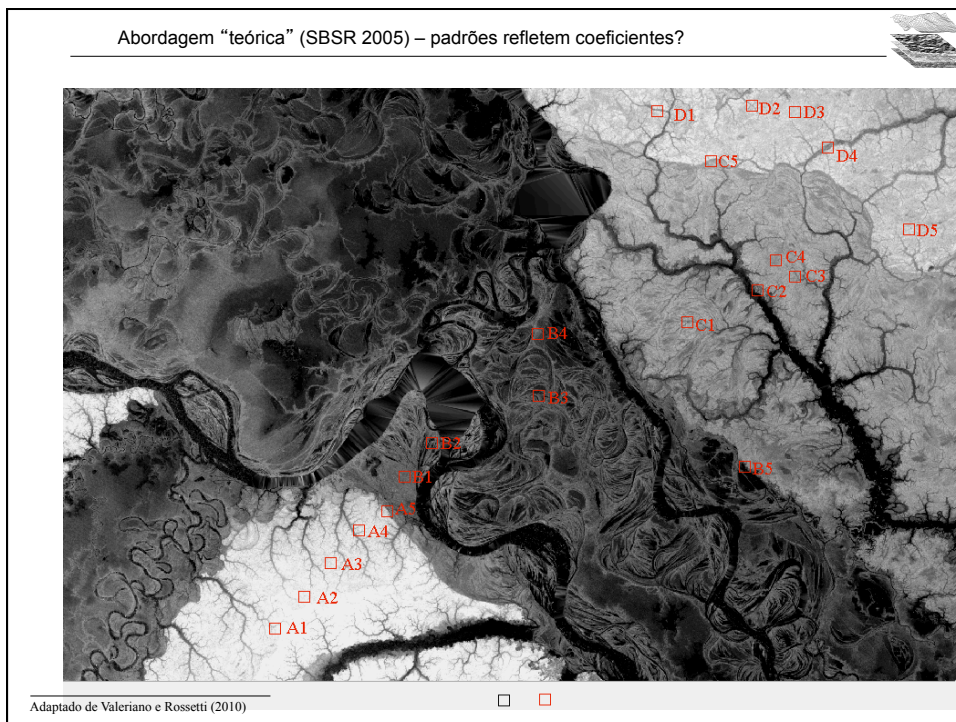
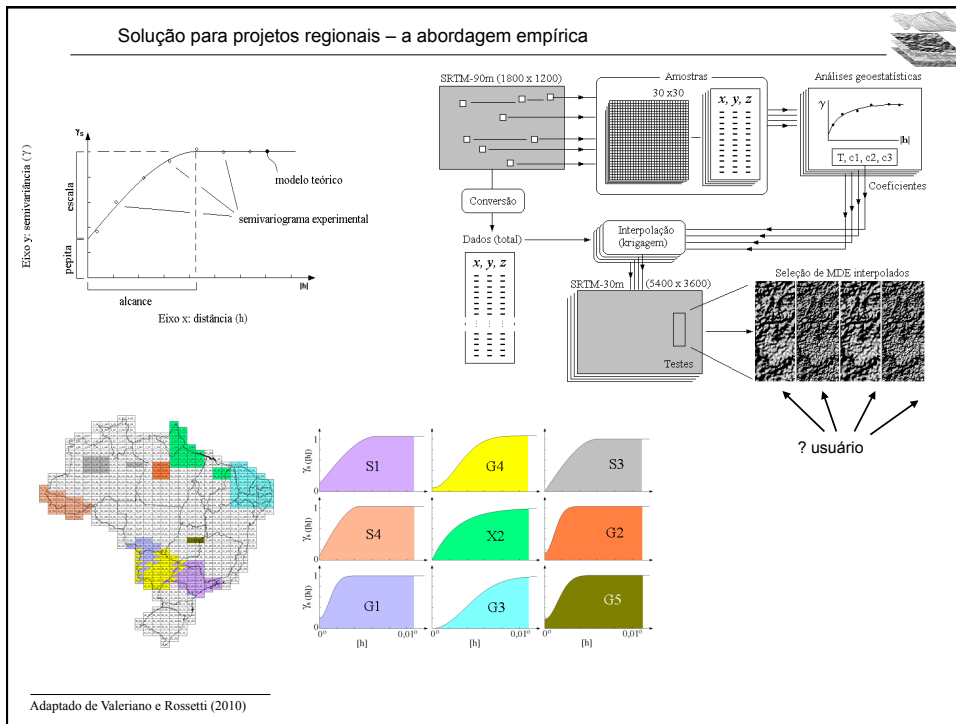
$$Z_{jk} = \frac{\sum (z_i \cdot w_i)}{\sum w_i}$$

$$w_i = f(\text{distância})$$

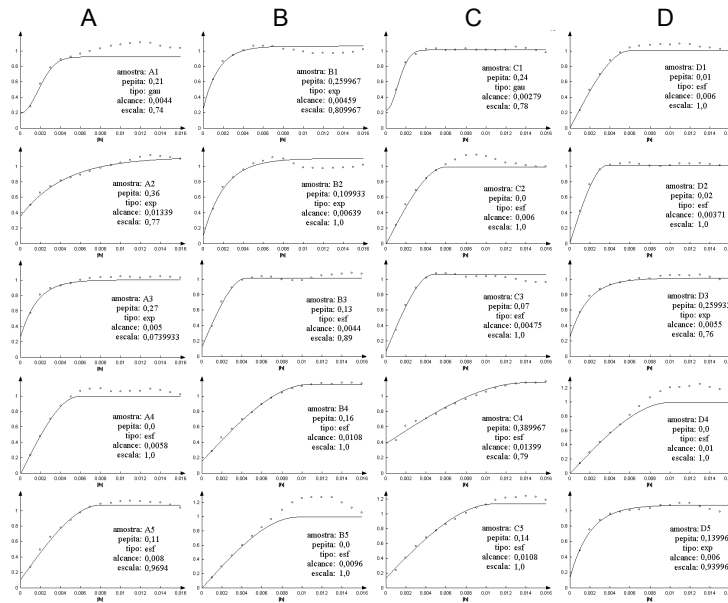
As características do MDE são variáveis, conforme a metodologia de interpolação:



Adaptado de Valeriano (2002b) e Valeriano e Rossetti (2010).

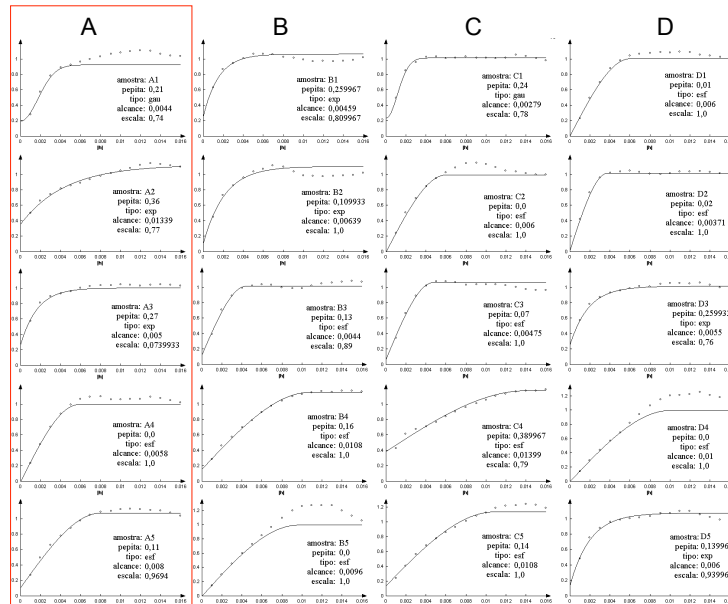


Abordagem "teórica" (SBSR 2005) – padrões refletem coeficientes?



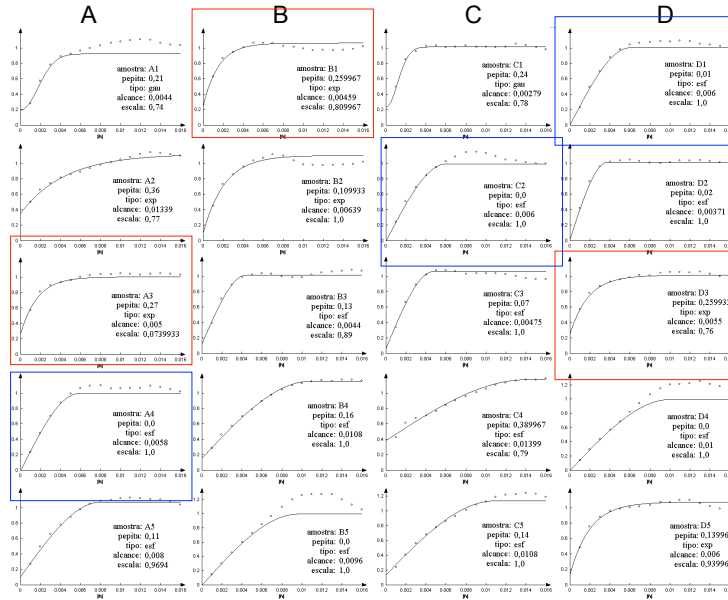
Adaptado de Valeriano e Rossetti (2010)

Abordagem "teórica" (SBSR 2005) – padrões refletem coeficientes?



Adaptado de Valeriano e Rossetti (2010)

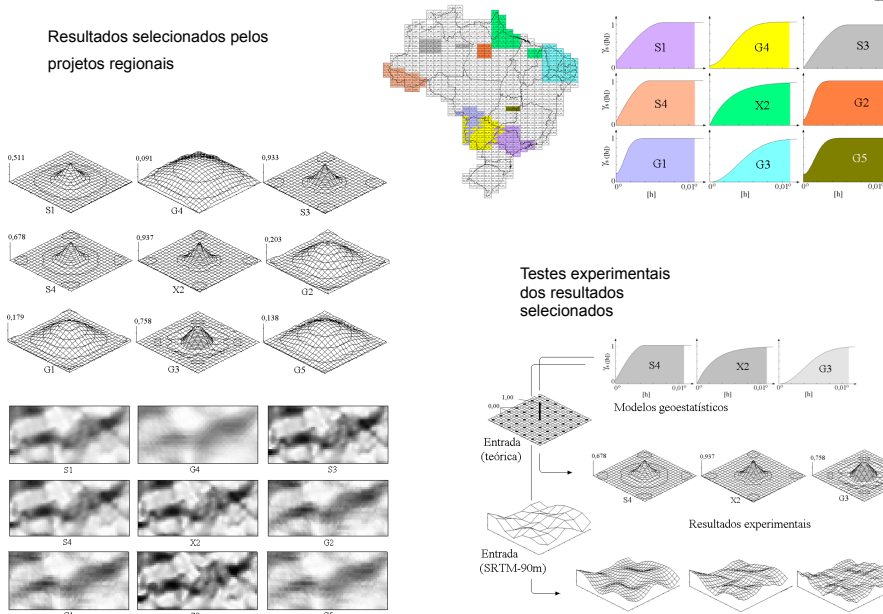
Abordagem "teórica" (SBSR 2005) – padrões refletem coeficientes? Não.



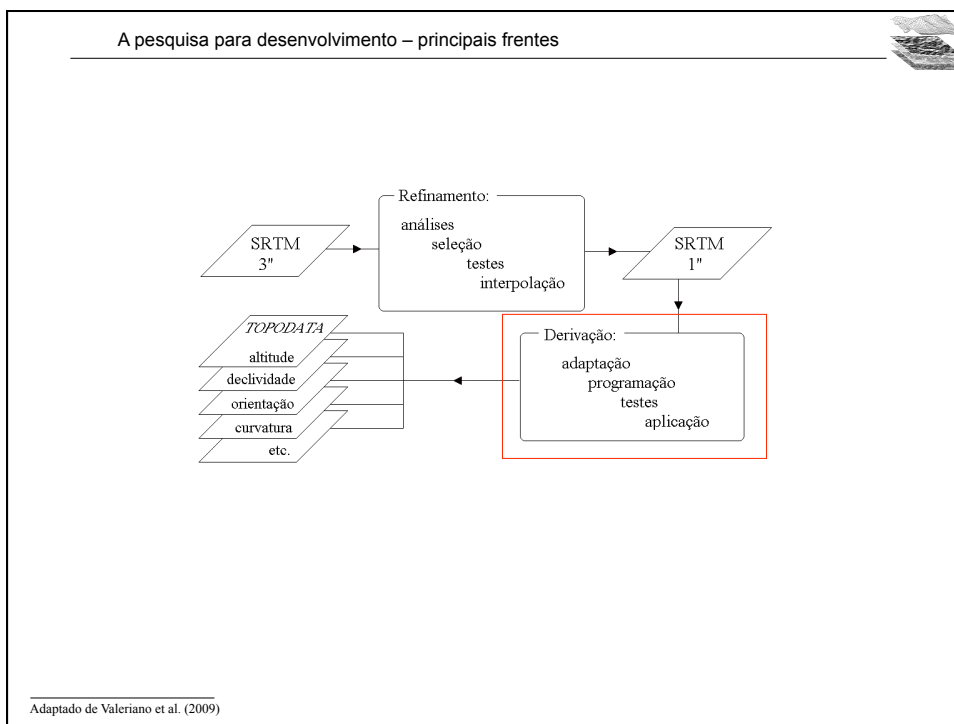
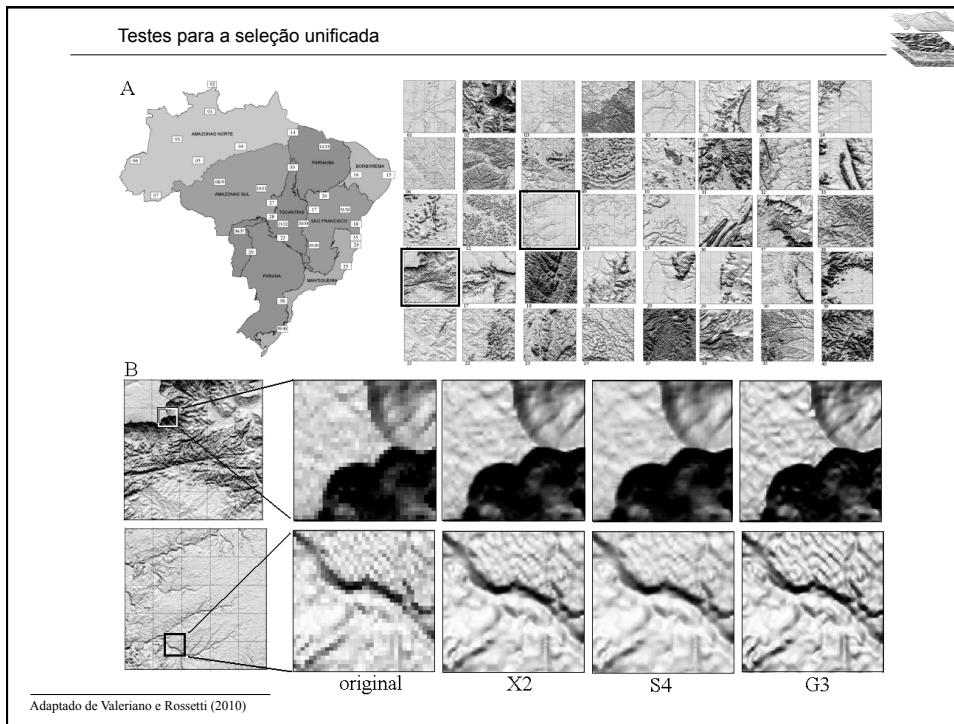
Adaptado de Valeriano e Rossetti (2010)

Avaliação dos modelos selecionados nos projetos regionais

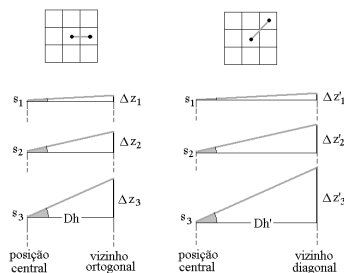
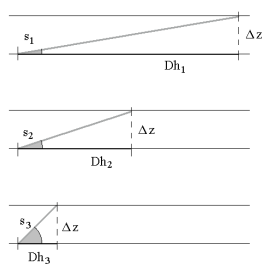
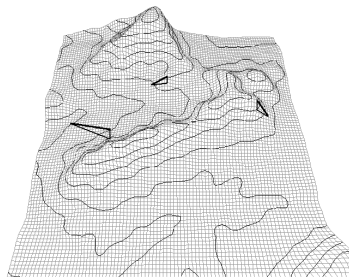
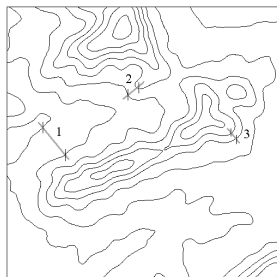
Resultados selecionados pelos projetos regionais



Adaptado de Valeriano e Rossetti (2010)



Processamento principal (derivação geomorfológica): declividade



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

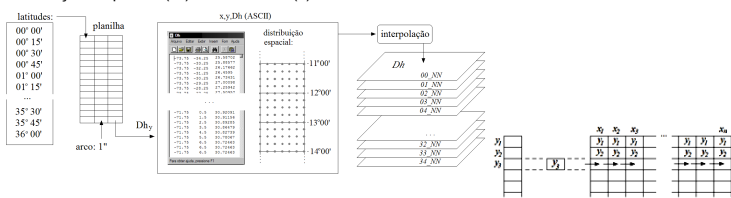
Processamento principal: o problema das distâncias



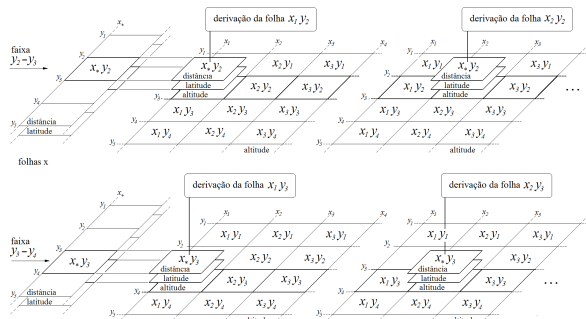
Distâncias de resolução (eixo x) função da latitude

Y (°)	Dist. (a) (m)	Dist. (b) (m)	a-b (mm)
0,5	30,9209	30,9209	0,7
1,5	30,9115	30,9116	0,1
2,5	30,8926	30,8928	0,2
3,5	30,8644	30,8648	0,4
4,5	30,8268	30,8274	0,6
5,5	30,7797	30,7807	1,0
6,5	30,7233	30,7246	1,3
7,5	30,6575	30,6593	1,8
8,5	30,5824	30,5847	2,3
9,5	30,4980	30,5008	2,8
10,5	30,4043	30,4077	3,4
11,5	30,3013	30,3053	4,0
12,5	30,1891	30,1938	4,7
13,5	30,0677	30,0732	5,5
14,5	29,9371	29,9434	6,3
15,5	29,7975	29,8046	7,1
16,5	29,6487	29,6567	8,0
17,5	29,4909	29,4998	8,9
18,5	29,3241	29,3340	9,9
19,5	29,1484	29,1593	10,9
20,5	28,9639	28,9758	11,9
21,5	28,7704	28,7834	13,0
22,5	28,5683	28,5823	14,0
23,5	28,3574	28,3725	15,1
24,5	28,1379	28,1541	16,2
25,5	27,9098	27,9271	17,3
26,5	27,6732	27,6917	18,5
27,5	27,4282	27,4478	19,6
28,5	27,1749	27,1956	20,7
29,5	26,9132	26,9351	21,9
30,5	26,6434	26,6664	23,0
31,5	26,3654	26,3895	24,1
32,5	26,0794	26,1047	25,3
33,5	25,7855	25,8118	26,3
34,5	25,4837	25,5111	27,4
35,5	25,1741	25,2026	28,5

Criação de planos (PI) de distâncias (x)

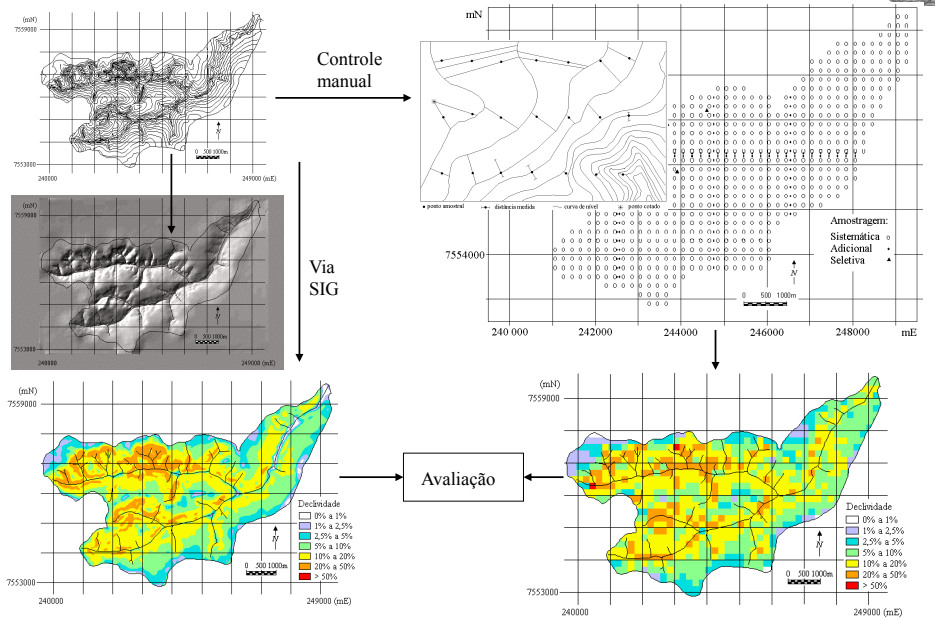


Uso dos planos (PI) de distâncias (x): com 30,83m em y e hipotenusa nas diagonais



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

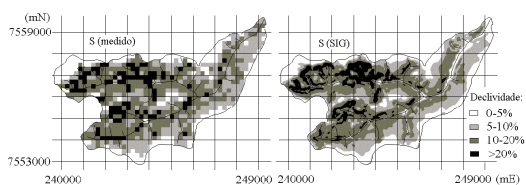
Desenvolvimento de processamento principal (derivação de variáveis) (ex: declividade)



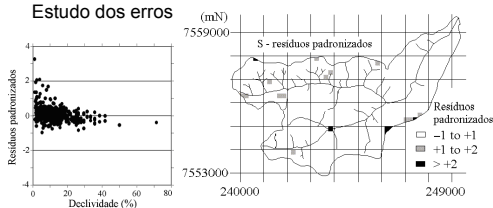
Adaptado de Valeriano (1999)

Desenvolvimento de variáveis para modelagem da erosão (verificações)

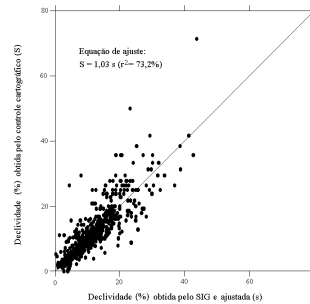
Avaliações comparativas



Estudo dos erros



Avaliação da dispersão



Análises de regressão

Suavização	sem	1 filtragem	2 filtragens	3 filtragens	4 filtragens
no MDT	67,3%	48,5%	47,6%	37,3%	29,7%
na declividade	67,3%	71,5%	72,6%	72,9%	73,2%

Adaptado de Valeriano (1999)

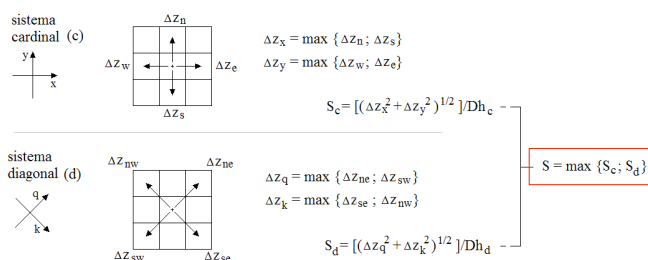
Processamento principal (derivação geomorfológica): declividade



Tabela 1 – Comparação entre os cálculos de declividade testados

intervalo	cálculo	R ² (%)	erro médio	equação (I)	equação (II)
todo	Idrisi	50,1	5,259	S = 2,37 + 0,944s	S = 1,13 s
	md-md	54,6	5,016	S = 1,74 + 1,00 s	S = 1,16 s
	md-mx	56,6	4,904	S = 1,44 + 1,01 s	S = 1,12 s
	mx-md	58,8	4,775	S = 1,31 + 0,923 s	S = 1,01 s
	mx-mx	60,4	4,685	S = 1,08 + 0,911 s	S = 0,983 s
<15%	Idrisi	50,3	2,499	S = 2,90 + 0,648 s	S = 0,947 s
	md-md	51,7	2,464	S = 2,66 + 0,678 s	S = 0,957 s
	md-mx	52,6	2,440	S = 2,53 + 0,676 s	S = 0,935 s
	mx-md	52,0	2,456	S = 2,42 + 0,633 s	S = 0,863 s
	mx-mx	52,1	2,453	S = 2,37 + 0,617 s	S = 0,835 s
>15%	Idrisi	13,4	5,955	S = 16,6 + 0,356 s	S = 1,29 s
	md-md	16,5	5,848	S = 15,6 + 0,417 s	S = 1,30 s
	md-mx	18,1	5,793	S = 15,1 + 0,437 s	S = 1,27 s
	mx-md	18,9	5,766	S = 14,8 + 0,404 s	S = 1,14 s
	mx-mx	20,2	5,716	S = 14,3 + 0,417 s	S = 1,10 s

(1) S é a declividade medida e s a declividade calculada pelo SIG; todos os termos foram significativos a 1% de probabilidade; (2) ajuste simples, forçando-se a regressão para constante nula.



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010) e Valeriano (2002)

Desenvolvimento de variáveis para modelagem da erosão (ex: declividade)

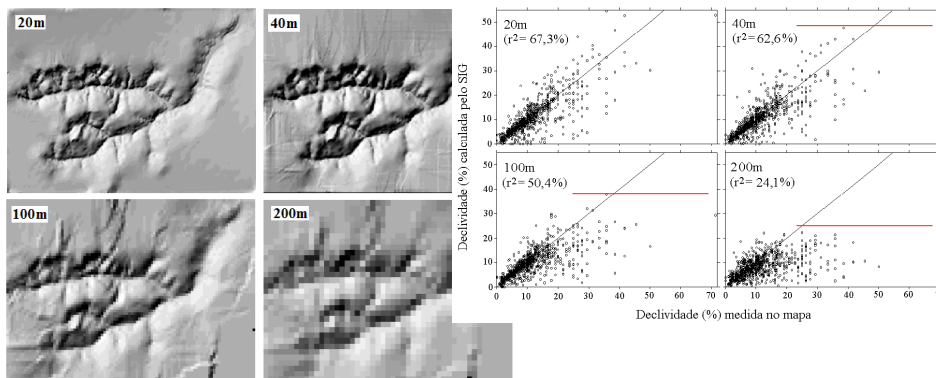


Tabela 4.14 – Equações de ajuste da declividade obtido em cálculo digital pelo SIG (s), nas resoluções de 20m, 40m, 100m e 200m, em relação aos resultados do controle cartográfico (S)

Resolução	Equação de regressão	Ajuste simples	r ² (%)
(20m)	S = 2,38** + 0,831** s	S = 0,975 s	67,3**
(40m)	S = 2,21** + 0,862** s	S = 1,00 s	62,6**
(100m)	S = 1,93** + 0,985** s	S = 1,13 s	50,4**
(200m)	S = 3,87** + 0,915** s	S = 1,29 s	24,1**

Adaptado de Valeriano (1999)

Pós-processamento: tratamento numérico-espacial dos resultados de derivação

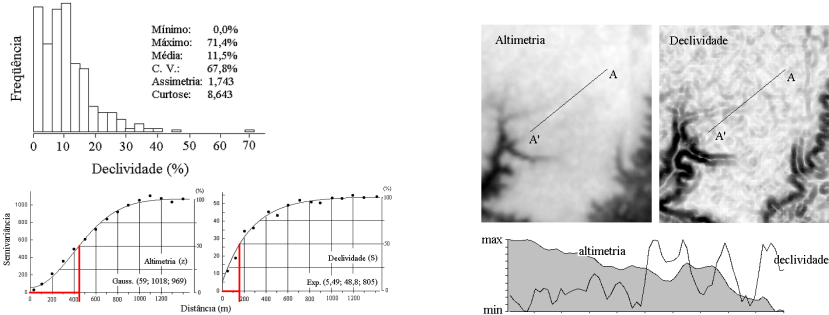
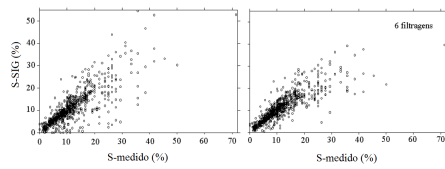


Tabela 2 – Efeito de filtragens sobre a declividade calculada pelo SIG

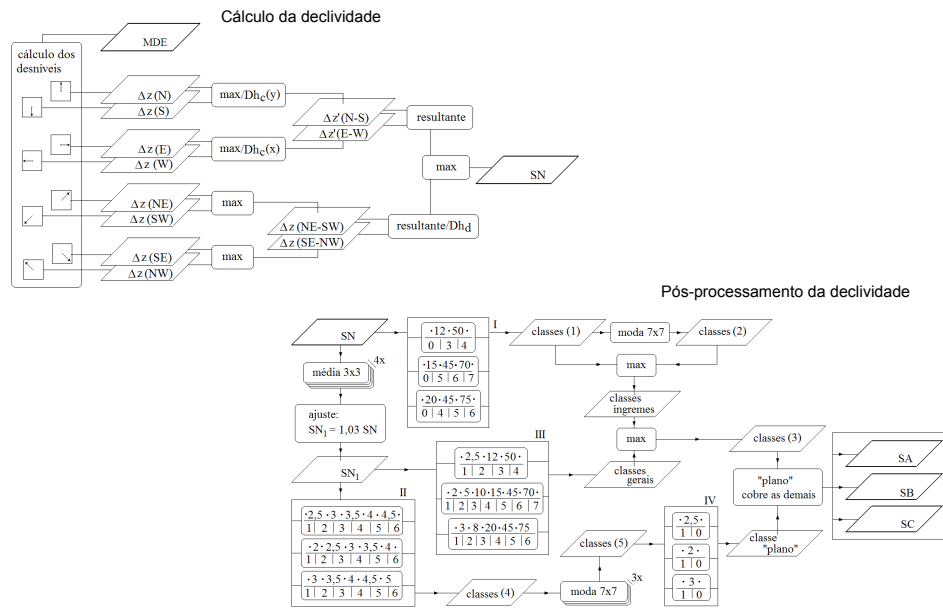
intervalo	filtragens	R ² (%)	erro médio	equação (I)	equação (II)
todo	1	63,4	4,503	S = 0,325 ^{ns} + 0,978 s	S = 1,00 s
	2	64,0	4,466	S = 0,040 ^{ns} + 1,00 s	S = 1,01 s
	3	64,4	4,440	S = - 0,165 ^{ns} + 1,02 s	S = 1,01 s
	5	65,0	4,401	S = - 0,494 ^{ns} + 1,05 s	S = 1,02 s
	7	65,5	4,372	S = - 0,763* + 1,08 s	S = 1,03 s
<15%	1	57,1	2,322	S = 1,82 + 0,676 s	S = 0,846 s
	2	58,0	2,298	S = 1,66 + 0,693 s	S = 0,848 s
	3	58,4	2,286	S = 1,56 + 0,702 s	S = 0,849 s
	5	59,0	2,270	S = 1,43 + 0,715 s	S = 0,849 s
	7	59,4	2,260	S = 1,33 + 0,724 s	S = 0,849 s
>15%	1	20,0	5,726	S = 13,6 + 0,456 s	S = 1,13 s
	2	19,4	5,746	S = 13,4 + 0,470 s	S = 1,14 s
	3	19,3	5,751	S = 13,2 + 0,484 s	S = 1,15 s
	5	19,1	5,756	S = 12,8 + 0,509 s	S = 1,17 s
	7	19,1	5,756	S = 12,4 + 0,533 s	S = 1,18 s



(1) S é a declividade medida e s a declividade calculada (mx-mx) pelo SIG; todos os termos foram significativos a 1% de probabilidade, exceto a constante assinalada com *, significativa a 5% e ns, não significativa; (2) ajuste simples, forçando-se a regressão para constante nula.

Adaptado de Valeriano (1999 e 2002)

Pós-processamento: tratamento numérico-espacial dos resultados de derivação

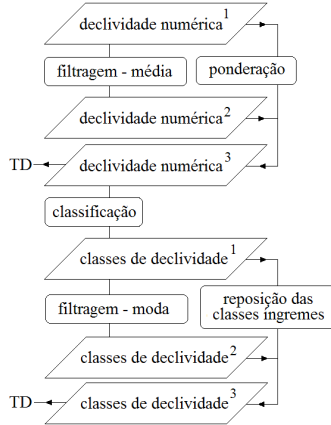


Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

Pós-processamento: tratamento numérico-espacial dos resultados de derivação



Pós-processamento da declividade



Esquemas de classificação da declividade

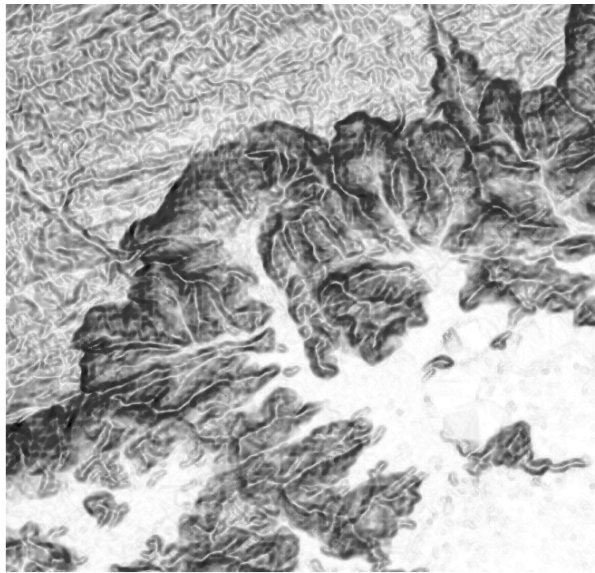
Marques (1971)		Lepsch (1991)		EMBRAPA (1999)	
Declive	Faixa (%)	Classe	Faixa (%)	Relevo	Faixa (%)
A - suave	0 a 2,5	A	0 a 2	Plano	0 a 3
		B	2 a 5	Suave ondulado	3 a 8
B - moderado	2,5 a 12	C	5 a 10	Ondulado	8 a 20
		D	10 a 15		
C - forte	12 a 50	E	15 a 45	Forte ondulado	20 a 45
		F	45 a 70	Montanhoso	45 a 75
D - muito forte	Acima de 50	G	Acima de 70	Escarpado	Acima de 75

Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010) e Valeriano (2008b)

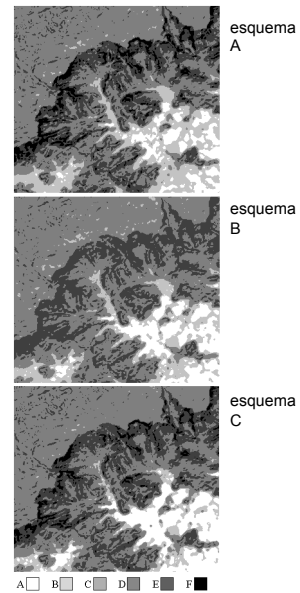
Pós-processamento: tratamento numérico-espacial dos resultados de derivação



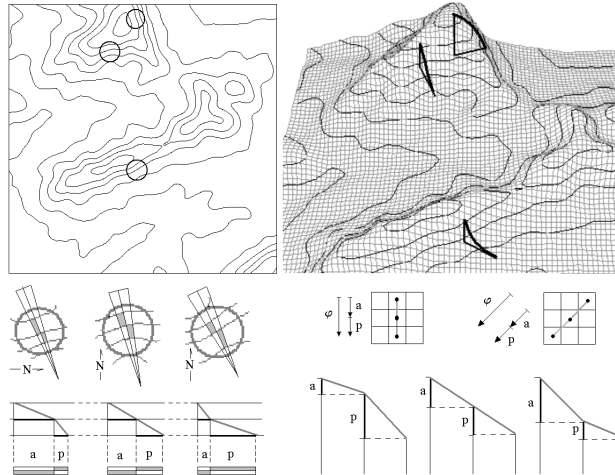
Valores de declividade



Classes de declividade

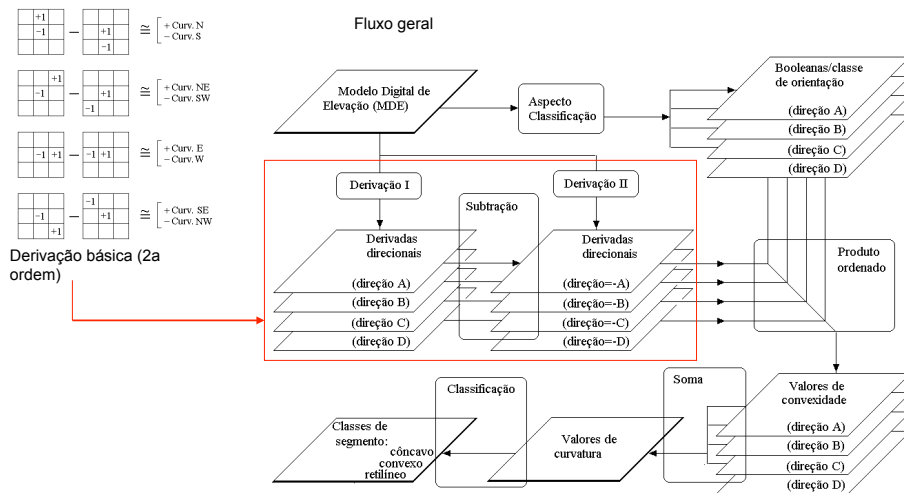


Processamento principal (derivação geomorfológica): curvatura vertical



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

Processamento principal (derivação geomorfológica): curvatura vertical



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

Pós-Processamento : classes de curvatura vertical

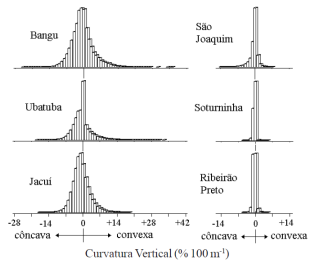


Figura 5. Histogramas da curvatura vertical das microbacias em estudo

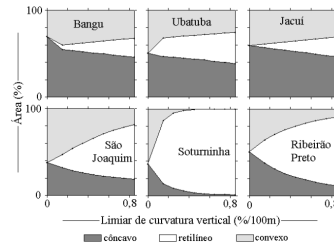


Figura 6. Distribuição territorial das classes de curvatura vertical em função dos limiares

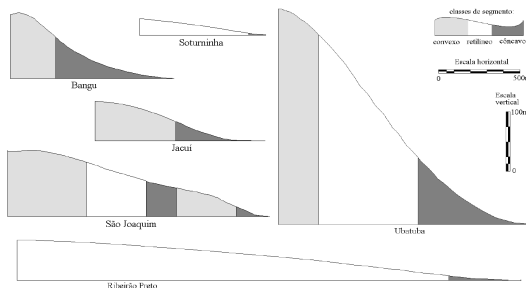
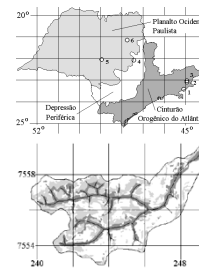
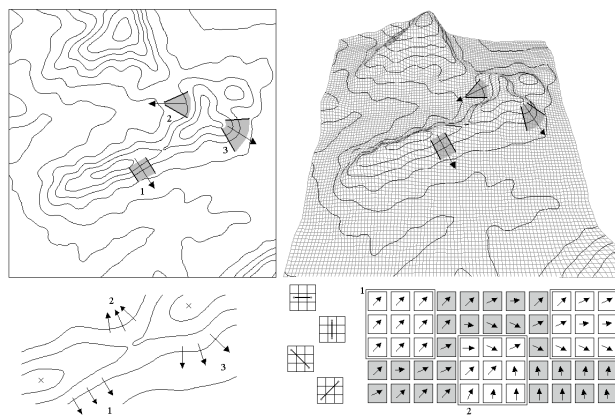


Figura 7. Perfis de vertentes classificadas das áreas de estudo sob escala padronizada, com exagero vertical de 4x

Adaptado de Valeriano (2003b)

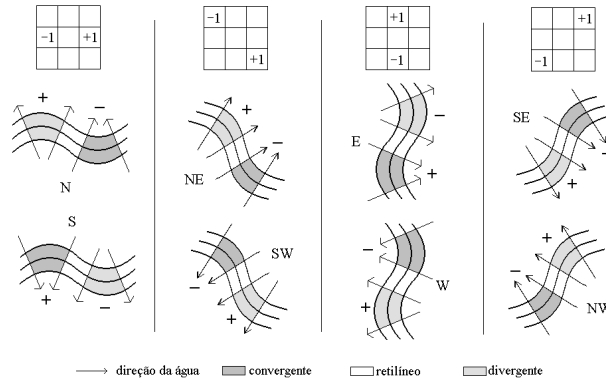


Processamento principal (derivação geomorfométrica): curvatura horizontal



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

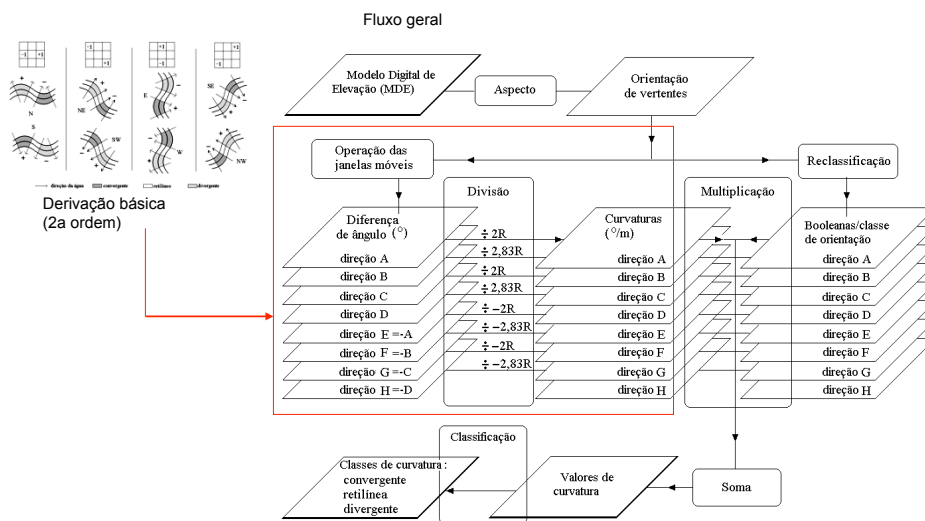
Processamento principal (derivação geomorfológica): curvatura horizontal



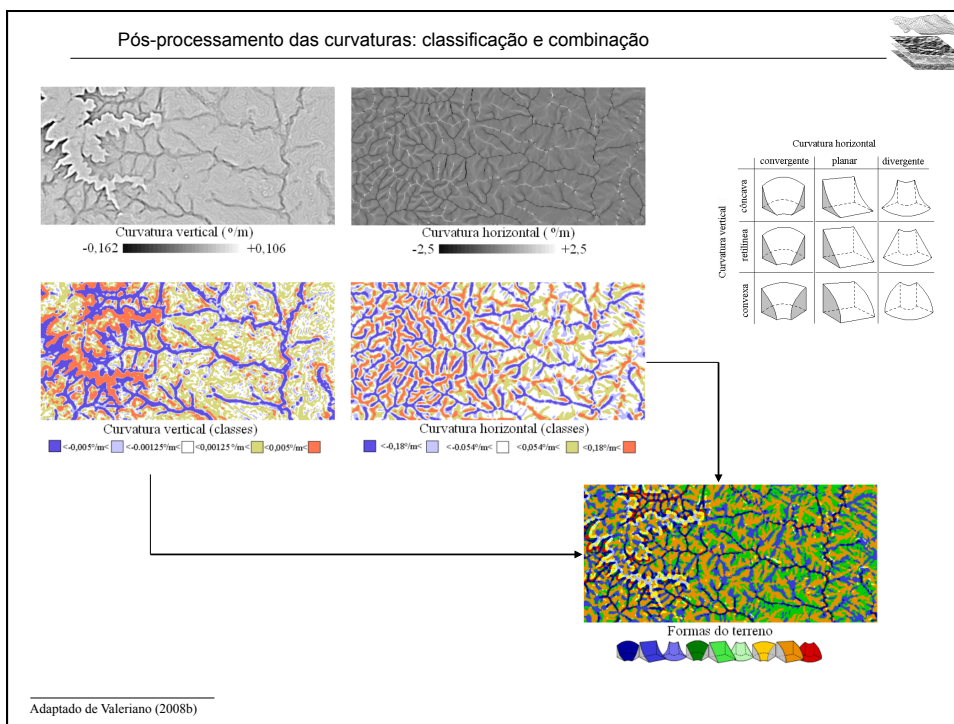
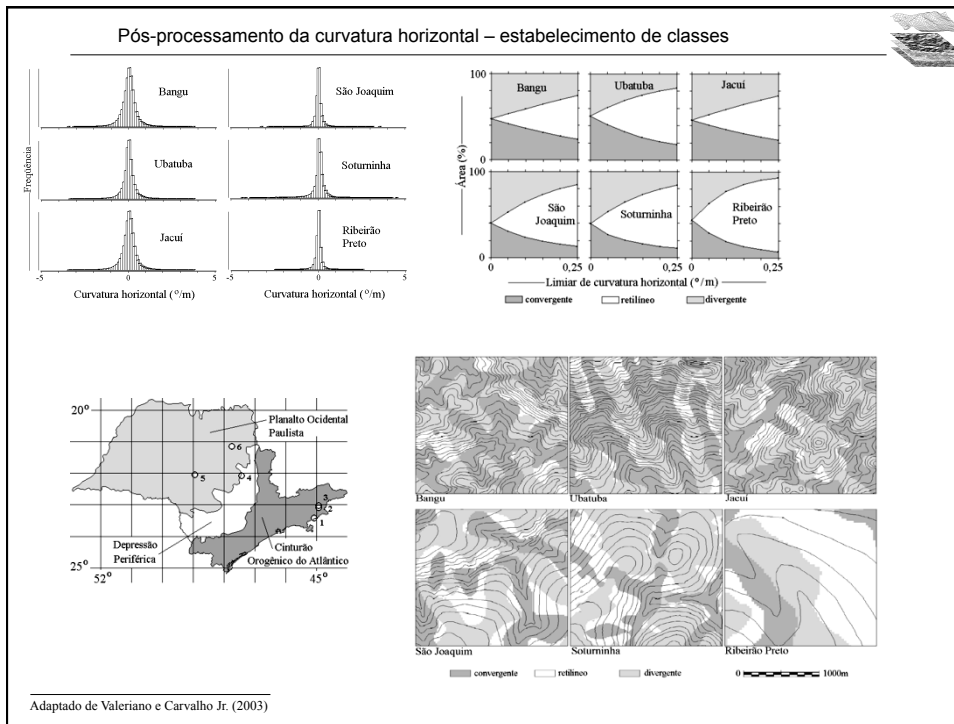
Derivação básica (2a ordem)

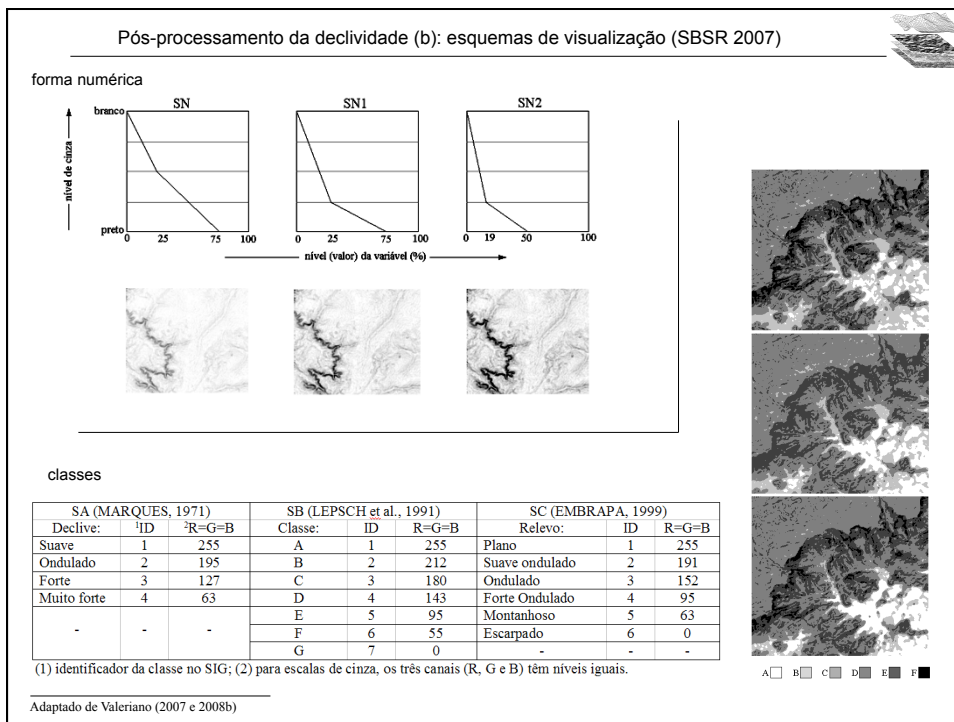
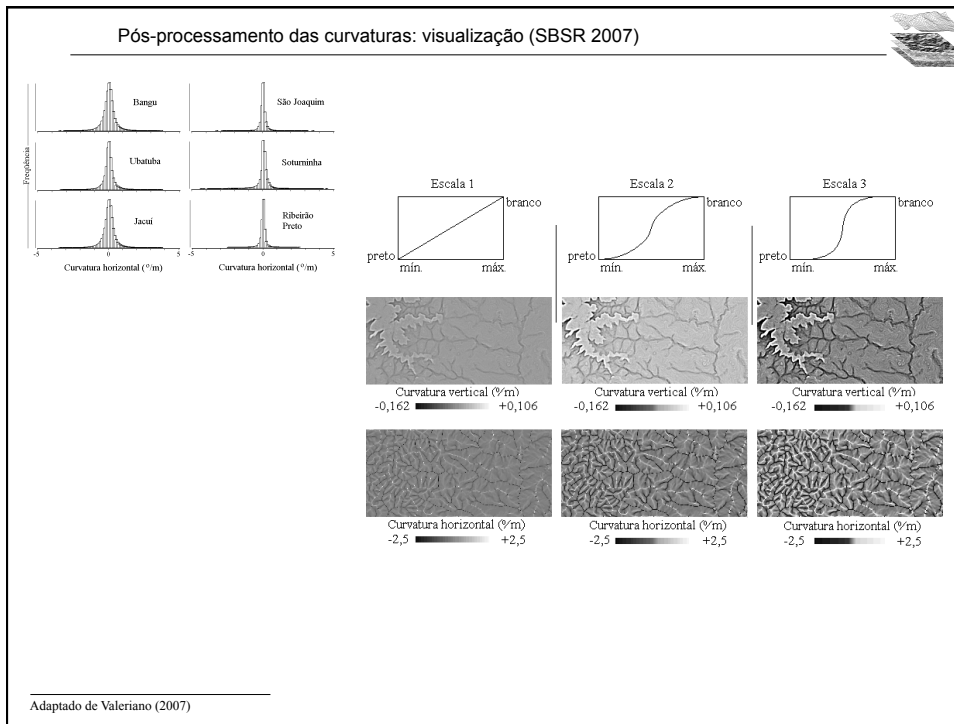
Adaptado de Valeriano e Carvalho Jr. (2003)

Processamento principal (derivação geomorfológica): curvatura horizontal



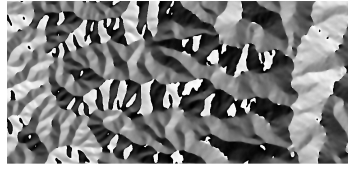
Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)



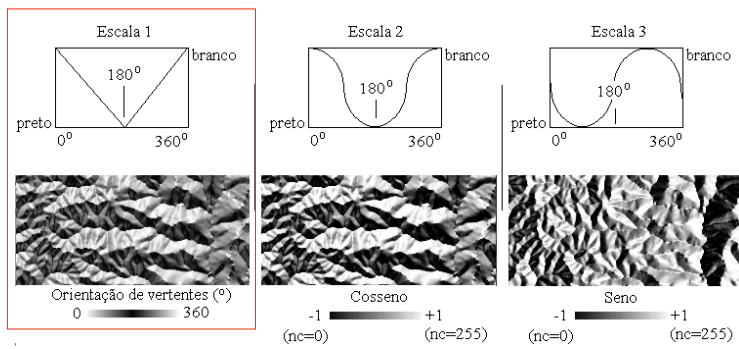


Pós-processamento da orientação de vertentes: visualização (SBSR 2007)

Codificação "default"



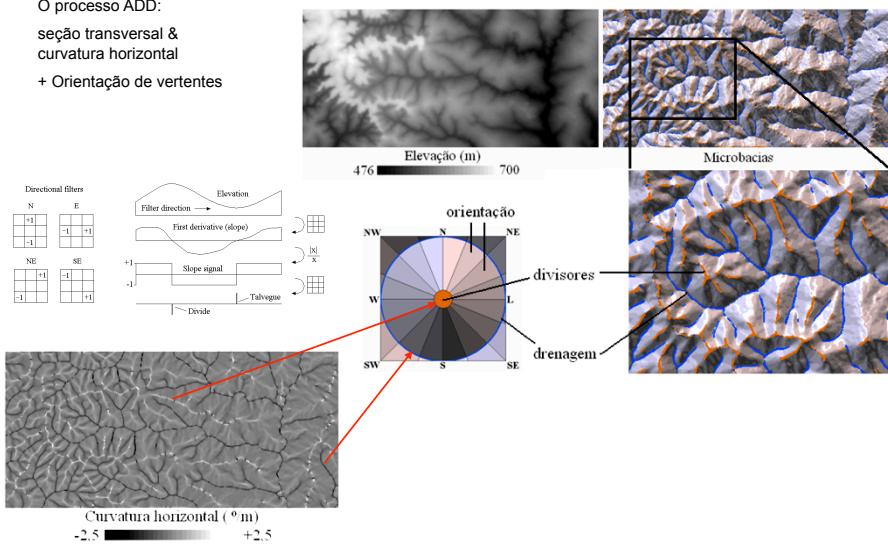
Codificação circular (TD)



Adaptado de Valeriano (2007 e 2008b)

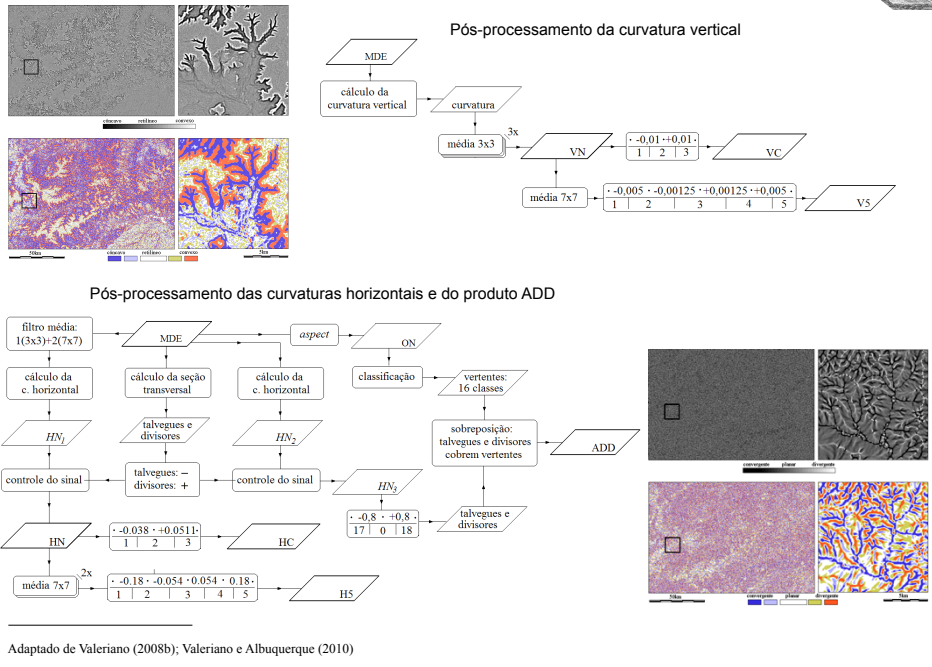
Classificação e combinação de variáveis para delineamento da drenagem

O processo ADD:
seção transversal &
curvatura horizontal
+ Orientação de vertentes

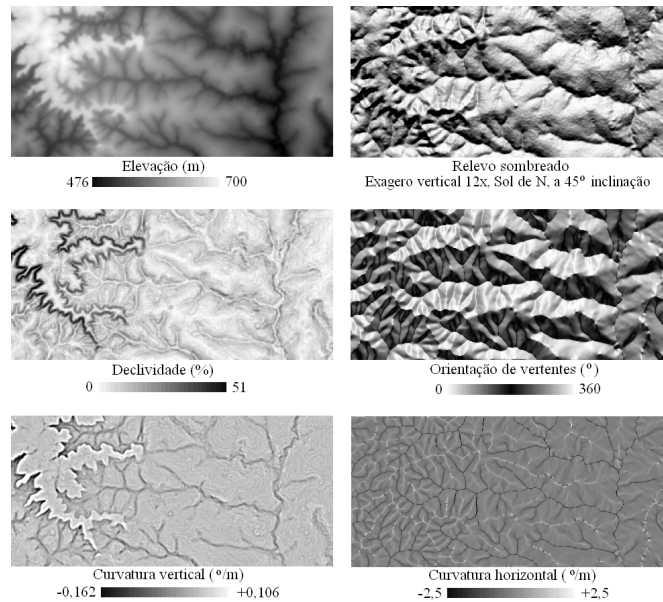


Adaptado de Valeriano (2002 e 2008b)

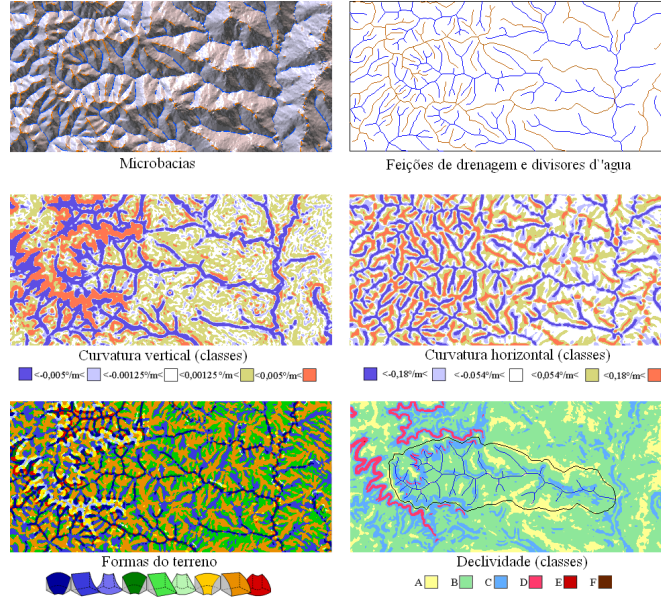
Classificação e combinação de variáveis para delineamento da drenagem



Dados geomorfométricos locais (variáveis básicas)



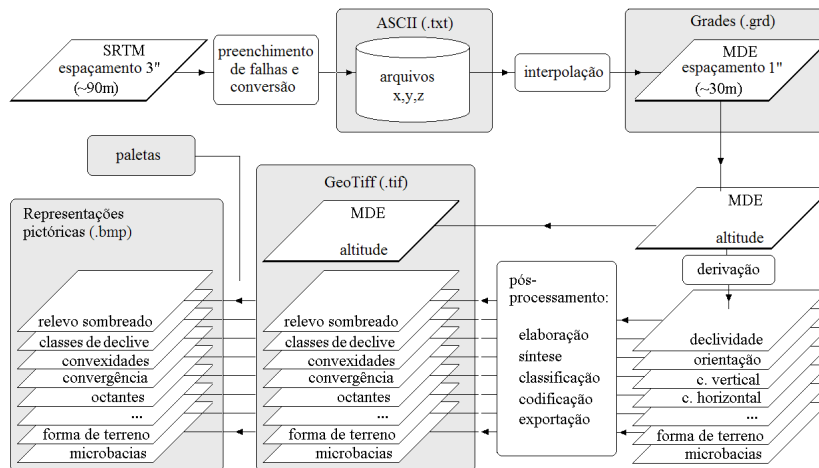
Dados geomorfométricos locais (informações elaboradas)



Adaptado de Valeriano (2008)


Banco de dados geomorfométricos locais Topodata (www.dsr.inpe.br/topodata)

Síntese do processamento dos dados SRTM e dos produtos disponíveis:



Adaptado de Valeriano et al. (2009)





 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPaciaIS

TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOMÉTRICOS LOCAIS

Márcio de Mattoson Valeriano
 Do projeto de Produtividade em Pesquisa "Modelagem de dados topográficos SRTM",
 CNPq, processo n.º 306011/2004-8 (NV).

Dados Interacionais de Criação na Publicação

Valeriano, Márcio de Mattoson;
 TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfológicos locais / Márcio de
 Mattoson Valeriano. – São José dos Campos: INPE, 2008.
 100 p., (INPE-2008-70195).

1. Banco de dados. 2. Geomorfometria. 3. Mapas.
 4. Geoconhecimento. 5. SRTM. I. Título.

CDU


RESUMO: Este documento tem como objetivo orientar os usuários dos produtos gerados na iniciativa TOPODATA, que oferece livre acesso a variáveis geomorfológicas locais derivadas de dados SRTM (Digital Elevation Topography Map) para todo o território nacional. Entre outros, foram refinados a resolução espacial original de 3 segundos (90m) para 1 segundo (30m) por litagem. Em seguida, foram aplicadas algoritmos de análise geomorfológica sobre os dados refinados para o cálculo das variáveis de declividade, orientação de vertentes, curvatura horizontal e curvatura vertical. Além disso, os resultados foram combinados a orientação de vertentes para fins de integração das regiões de drenagem e caracterização de sua estrutura. As variáveis geomorfológicas foram ainda classificadas para a geração de mapas não convencionais, tais como as classes de declividade categorizadas pela pesquisa agrária LILIANE DE BRAGA, por exemplo. As curvas de nível convencionais, bem como pontos em forma de vertentes, entre outras representações qualitativas. O uso apropriado dos resultados requer o conhecimento de aspectos práticos à sua obtenção, como as características dos dados e sua relação com propriedades do terreno, além dos conceitos e métodos envolvidos nas derivadas e, por fim, formas adequadas de representação.

INPE
 São José dos Campos
 2008

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS
 LISTA DE TABELAS
 1 INTRODUÇÃO
 2 FUNDAMENTOS
 2.1 Modelos Digitais de Elevação e dados SRTM
 2.2 Derivações geomorfológicas locais
 2.2.1 Declividade
 2.2.2 Orientação de vertentes
 2.2.3 Curvatura vertical
 2.2.4 Curvatura horizontal
 2.2.5 Forma do Terreno
 2.2.6 Delineamento de microbacias
 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
 3.1 Planos de informação
 3.2 Arquivos, formatos, aplicativos e conversões
 3.3 Esquemas de visualização – paletas
 3.3.1 Altimetria
 3.3.2 Declividade
 3.3.3 Orientação de vertentes
 3.3.4 Curvaturas (horizontal e vertical)
 3.3.5 Forma do terreno
 3.3.6 Delineamento de microbacias
 3.4 Representações em formato TIF
 3.4.1 Codificação das representações TIF
 3.4.2 Georreferência
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS





 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPaciaIS

TOPODATA: SELEÇÃO DE COEFICIENTES GEOESTATÍSTICOS PARA O REFINAMENTO UNIFICADO DE DADOS SRTM

Márcio de Mattoson Valeriano
 Dárcy de Fátima Rossetti

Do projeto de Produtividade em Pesquisa "Modelagem de dados topográficos SRTM",
 CNPq, processo n.º 306011/2004-8 (NV).

Dados Interacionais de Criação na Publicação

Valeriano, Márcio de Mattoson; Rossetti, Dárcy de Fátima
 TOPODATA: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento
 unificado de dados SRTM / Márcio de Mattoson Valeriano; Dárcy de Fátima
 Rossetti. – São José dos Campos: INPE, 2008.
 100 p., (INPE-2008-70195).

1. Banco de dados. 2. Mapas. 3. Topografia.
 4. Modelos digitais de elevação. 5. (SRTM). I. Título.

CDU

RESUMO: Este trabalho apresenta os fundamentos teóricos e experimentais que levaram à seleção de um único conjunto de coeficientes geoestatísticos para o refinamento dos dados SRTM por litagem em todo o território brasileiro. Esta seleção foi baseada em análises de condições que favorecem a aplicação do potencial desses dados para a derivação em descritores topográficos, ou geomorfológicos, do terreno. As condições favoráveis referem-se à presença de características estatísticas de dados do modelo digital de elevação (MDE) homogêneas, bem como ao modo empregado no refinamento de resolução de 30 para 15 metros. Modelos geoestatísticos previamente selecionados em estudos regionais aplicados a pontos foram usados para seleção unificada em 40 áreas distribuídas nas diferentes províncias (micro-regiões do Brasil) de áreas variadas com base em condições distintas de relevo, abrangendo desde terrenos montanhosos até terrenos planos. Foram observados os efeitos da preparação dos dados sobre a derivação de padrões lineares e regionais (em termos de amplitudes lineares, pontos, talvegues etc.). Os resultados foram avaliados mediante representações em relevo combinadas, principalmente, além de litagem e perspectiva, observadas em mapas diretos. Observou-se que terrenos de baixa amplitude, baixa declividade e regiões delimitadas têm MDE mais afetados pelos métodos de refinamento, enquanto terrenos montanhosos mantêm MDE mais afetados em outros. A análise, combinada de modo insuspeito pela totalidade das etapas concluídas, converteu para um método de refinamento de desempenho superior aos demais em todas as situações testadas.

INPE
 São José dos Campos
 2008

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS
 LISTA DE TABELAS
 1 INTRODUÇÃO
 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EXPERIMENTAL
 2.1 Interpoladores
 2.2 Krigagem
 3 DESENVOLVIMENTO
 3.1 Testes localizados por projetos
 3.2 Seleção de áreas para testes
 4 RESULTADOS
 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

TOPODATA: PROCESSAMENTO DOS DADOS SRTM

Márcio de Matos Valeriano
Paulo Cesar Gurgel de Albuquerque

Do projeto de Produtividade em Pesquisa "Soluções de dados topográficos SRTM",
CNPq, processo n.º 304021/2004-8 (N/).

Dados Intenciais de Catalogação na Publicação

Valeriano, Márcio de Matos; Albuquerque, Paulo Cesar Gurgel. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais/ Márcio de Matos Valeriano; Paulo Cesar Gurgel de Albuquerque. - São José dos Campos: INPE, 2009. 202p. (INPE-5005-TC100)

1. Banco de dados. 2. Geomorfometria. 3. Mapas. 4. Geoprocessamento. 5. SRTM. I. Título.

CDU

RESULTADO Este trabalho apresenta análises e testes com os dados SRTM que foram disponibilizados para a América do Sul, visando ao desenvolvimento metodológico para sua utilização. A apreciação dos dados originais mostrou a necessidade de operações de pré-processamento para uma adequada aplicação em sistemas de mapeamento de variáveis geomorfométricas. A organização dos dados mostrou-se uma alternativa interessante para a formação de Modelos Digitais de Elevação (MDE) mais fidede à coordenação de dados, enquanto que a interpolação linear mostrou-se mais adequada para a geração de mapas. Para dimensionar aspectos operacionais dos métodos propostos de pré-processamento, os dados relativos aos Estados do Acre e São Paulo foram preparados sob resolução de 1,10m e 10m e avaliados em aspectos, visualizações e análises geomorfométricas de microbacias selecionadas. Entre os principais resultados, ressalta-se que os dados apresentaram formas irregulares e sua utilização na forma original, porém o pré-processamento desenvolvido permitiu sua utilização em escala relativamente detalhada. Por fim, elaborou-se uma proposta para o desenvolvimento de um MDE com estes dados para todo o território nacional.

I

INPE
São José dos Campos
2009

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EXPERIMENTAL

2.1 A informação topográfica

2.2 Derivações geomorfométricas locais

2.3 Distâncias horizontais (resolução espacial)

2.4 Declividade

2.5 Orientação de vertentes

2.6 Curvatura vertical

2.7 Curvatura horizontal

2.8 Talvegues e divisores de água

2.9 Iluminação/sombreamento

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Preparação dos dados de entrada

3.1.1 Dados de elevação SRTM

3.1.2 Dados auxiliares: latitude

3.1.3 Dados auxiliares: distância horizontal (resolução espacial)

3.2 Interpolações

3.3 Importação e montagem dos planos de entrada no SIG

3.4 Derivações geomorfométricas

3.4.1 Declividade

3.4.2 Orientação de vertentes

3.4.3 Curvatura vertical

3.4.4 Curvatura horizontal e ADD

3.4.5 Iluminação/sombreamento

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia citada



VALERIANO, M. M. Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem da perda de solos. Rio Claro: Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP. 172p., 1999 (Tese).

_____. Programação do cálculo da declividade em SIG pelo método de vetores ortogonais. Espaço e Geografia (UnB), Brasília, DF, v. 5, n.1, p. 69-85, 2002.

_____. Modelos digitais de elevação de microbacias elaborados com krigagem. São José dos Campos: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-9364-RPQ/736). 54p. 2002b.

_____. Mapeamento da declividade em microbacias com sistemas de informação geográfica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 7, n.2, p. 303-310, 2003.

_____. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 7, n.3, p. 539-546, 2003b.

_____. CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. Revista Brasileira de Geomorfologia, Goiânia, GO, v. 4, n.1, p. 17-29, 2003.

_____. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756). 72p., 2004.

_____. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. Anais ..., p. 1-8, 2005.

_____. KUPULICH, T. M. ; STORINO, M. ; AMARAL, B. D. ; MENDES JÚNIOR, J. N. ; LIMA, D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90m data. Computers & Geosciences, Amsterdam, Holanda, v. 32, n.8, p. 1169-1181, 2006.

_____. Visualização de imagens topográficas. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, SC. Anais ... São José dos Campos, SP: INPE, 2007. v. 1. p. 1-8.

_____. Dados topográficos. In: Teresa G. Florenzano. (Org.). Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais. 1ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008. v. p. 72-104.

_____. Topodata: guia para utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPE/818). 72p., 2008b.

_____. ROSSETTI, D. F. ; ALBUQUERQUE, P. C. G. . TOPODATA: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN. Anais ... São José dos Campos, SP: INPE, 2009.

_____. ALBUQUERQUE, P. C. G. . Topodata: processamento dos dados SRTM. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-16702-RPQ/854). 79p., 2010.

_____. ROSSETTI, D. F. . Topodata: seleção de coeficientes geoestatísticos para refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-16701-RPQ/853). 74p., 2010.

_____. Cálculo do fator topográfico de iluminação solar para modelagem ecofisiológica a partir do processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE). In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba, PR. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5933-5940.

_____. ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. Applied Geography (Sevenoaks), v. 32, p.300-309, 2012.

Apoio:

INPE, CNPq (Processo 306021/2004-8(NV)), EMBRAPA e FAPESP

Agradecimentos:

Amarindo Fausto Soares (CNPTIA/EMBRAPA), Ana Lúcia Candeias (DECART/UFPE),
Antônio Emídio de Araújo Santos Jr. (IG/UFPA), Arnaldo Carneiro Filho (INPA), Bruce Walker Nelson (INPA),
Camilo Daleles Rennó (DPI/OBT/INPE), Carlos Henrique Grohmann de Carvalho (IG/USP),
Eliana Maria Kalil Mello (DSR/INPE), Elienê Pontes de Araújo (UEMA), George Miliarexis (Univ. Atenas),
Helena França (UNFABC), Hileáa Ferreira (DPI/OBT/INPE), João Benedito Diehl (DPI/OBT/INPE),
João dos Santos Vila da Silva (CNPTIA/EMBRAPA), João Francisco Gonçalves Antunes (CNPTIA/EMBRAPA),
José Alexandre Cordeiro (OBT/INPE), Júlio César Dalla Mora Esquerdo (CNPTIA/EMBRAPA), Júlio
Ricardo Lisboa de Aragão (OBT/INPE), Lena Simone Barata Souza (IGc/USP), Leticia
Midori Arashiro (UNITAU/PIBIC-CNPq), Lylian Coltrinari (FFLCH/USP), Mara de
Andrade Marinho Weill (FEAGRI/UNICAMP), Márcio Luiz da Silva (INPA), Maria
Carolina de Cruz Miranda (IGc/USP), Maria Rafaela Braga Salum (FUNCATE), Myriam de
Moura Abdon (DSR/OBT/INPE), Osmar Abílio de Carvalho Júnior (UNB), Oton Osório
de Barros Neto (DSR/INPE), Paulino Rodrigues da Cunha Neto (OBT/INPE), Paulo Roberto
Martini (DSR/INPE), Polyanna da Conceição Bispo (UFSCAR/FAPESP), Richard J. Pike
(USGS), Roseane Ribeiro Sarges (UFPA), Rubens Lamparelli (CEPAGRI/UNICAMP),
Samuel Fernando Adami (CSRAA/IAC), Teresa Gallotti Florenzano (DSR/OBT/INPE),
Tiago Pires Silveira (OBT/INPE) e Viviana Aguilar Muñoz (PGSER/INPE).

Obrigado.

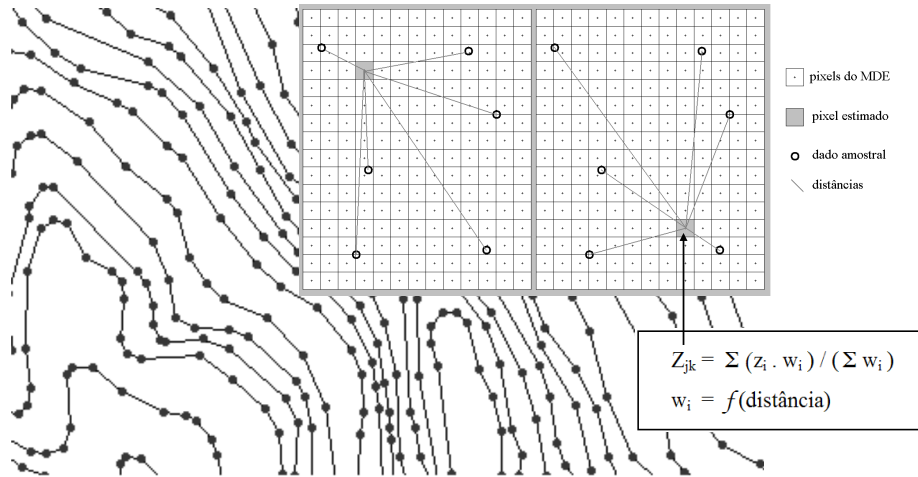
Márcio de Morisson Valeriano

INPE/OBT/DSR
Bolsista CNPq
valerian@dsr.inpe.br

Modelos digitais de elevação (MDE) – fundamento da interpolação

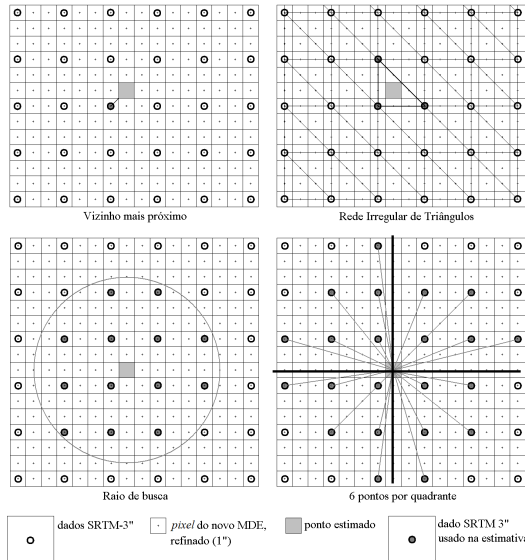


O processo de interpolação das cotas digitalizadas

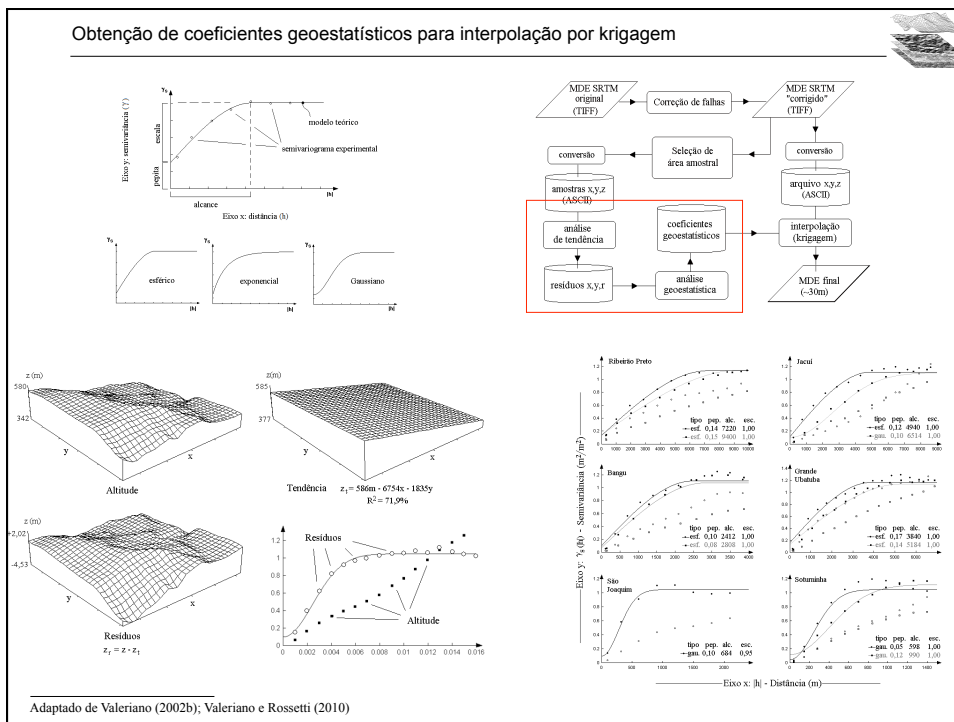
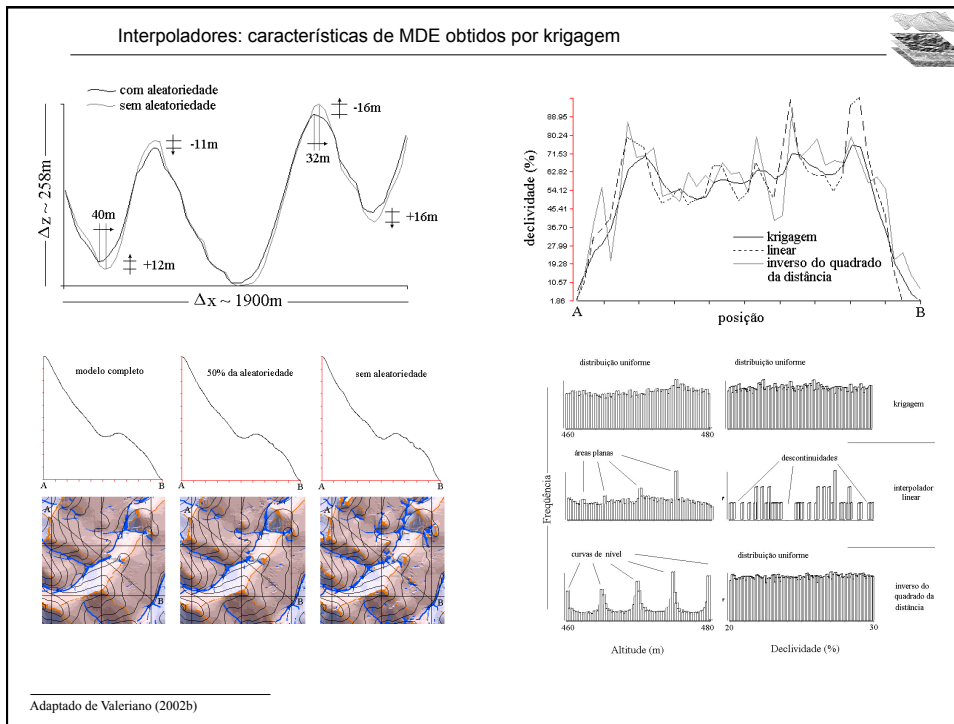


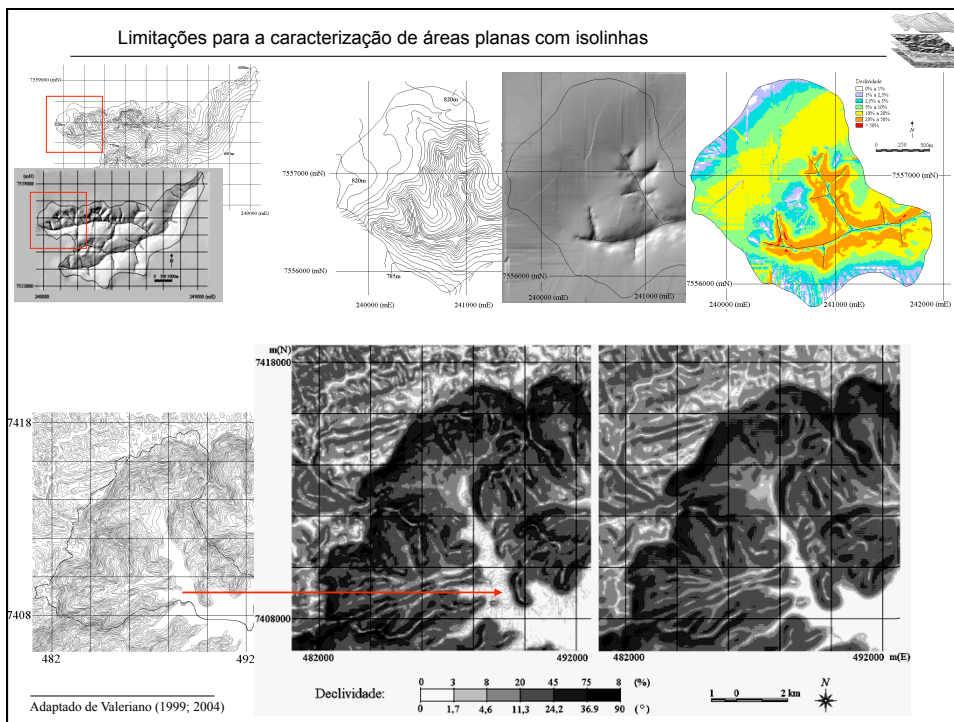
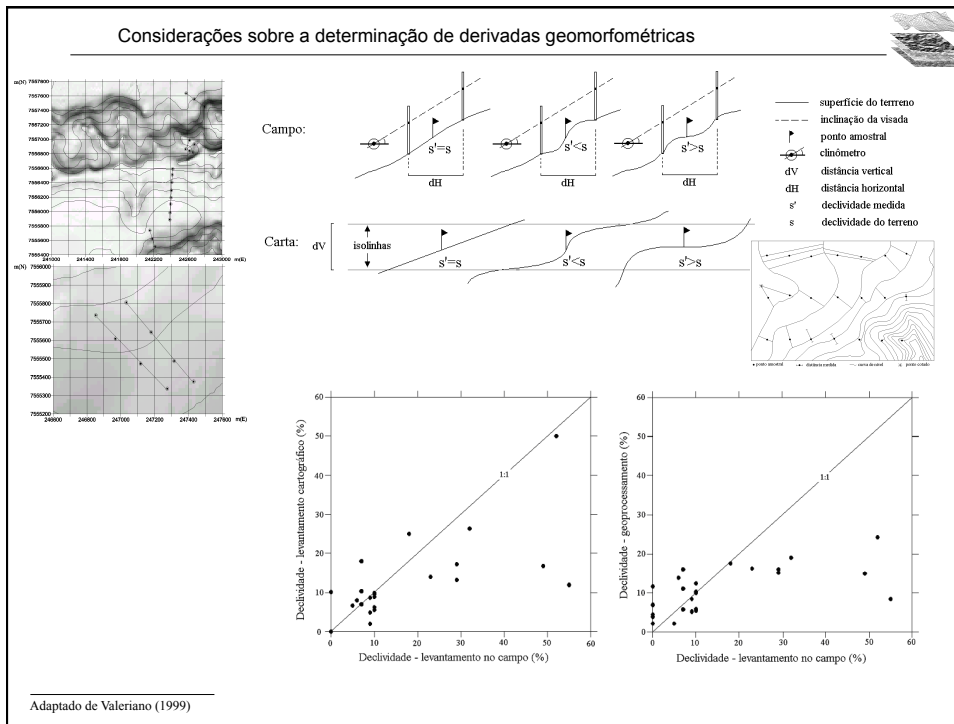
Adaptado de Valeriano (2002); Valeriano e Albuquerque (2010)

Modelos digitais de elevação (MDE) – esquemas de busca de dados para interpolação



Adaptado de Valeriano e Rossetti (2010)





Fundamento das derivações: operações de vizinhança

$$Z' = aZ_1 + bZ_2 + cZ_3 + dZ_4 + eZ_5 + fZ_6 + gZ_7 + hZ_8 + iZ_9$$

Z ₁	Z ₂	Z ₃
Z ₄	Z ₅	Z ₆
Z ₇	Z ₈	Z ₉

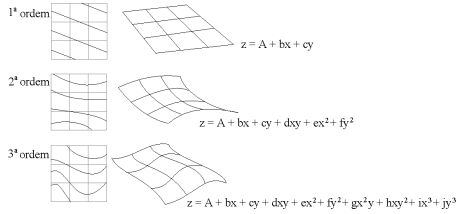
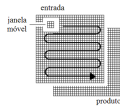
3 x 3

Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀
Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₁₄	Z ₁₅
Z ₁₆	Z ₁₇	Z ₁₈	Z ₁₉	Z ₂₀
Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₃	Z ₂₄	Z ₂₅

5 x 5

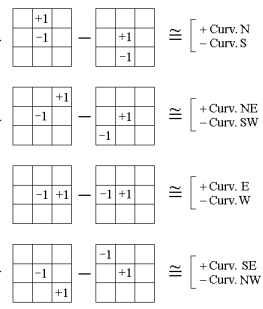
Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇
Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₁₄
Z ₁₅	Z ₁₆	Z ₁₇	Z ₁₈	Z ₁₉	Z ₂₀	Z ₂₁
Z ₂₂	Z ₂₃	Z ₂₄	Z ₂₅	Z ₂₆	Z ₂₇	Z ₂₈
Z ₂₉	Z ₃₀	Z ₃₁	Z ₃₂	Z ₃₃	Z ₃₄	Z ₃₅
Z ₃₆	Z ₃₇	Z ₃₈	Z ₃₉	Z ₄₀	Z ₄₁	Z ₄₂
Z ₄₃	Z ₄₄	Z ₄₅	Z ₄₆	Z ₄₇	Z ₄₈	Z ₄₉

7 x 7



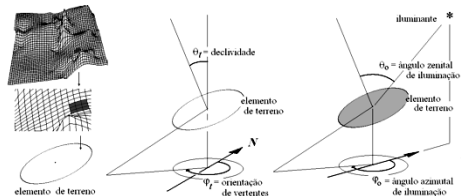
```

filter x   _zn dn 6 0 1 0 0 -1 0 0 0 0
filter x   _zn ds 6 0 0 0 0 -1 0 0 1 0
filter x   _zn ds 6 0 0 0 0 -1 1 0 0 0
filter x   _zn ds 6 0 0 0 1 -1 0 0 0 0
filter x   _zn dne 6 0 0 1 0 -1 0 0 0 0
filter x   _zn dsw 6 0 0 0 0 -1 0 1 0 0
filter x   _zn dse 6 0 0 0 0 -1 0 0 0 1
filter x   _zn dnw 6 1 0 0 0 -1 0 0 0 0
    
```



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

Relevo sombreado: fundamento e importância como representação de MDE

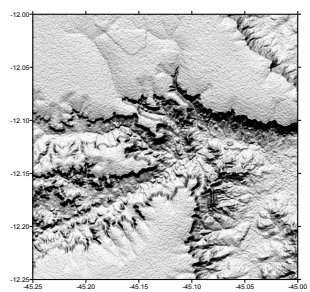
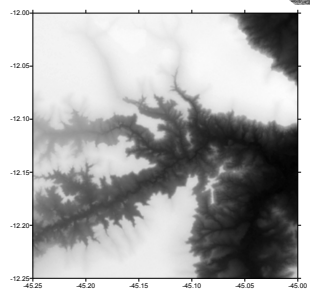


Geometria de iluminação/sombreamento de um elemento de terreno

Equação da trigonometria esférica:

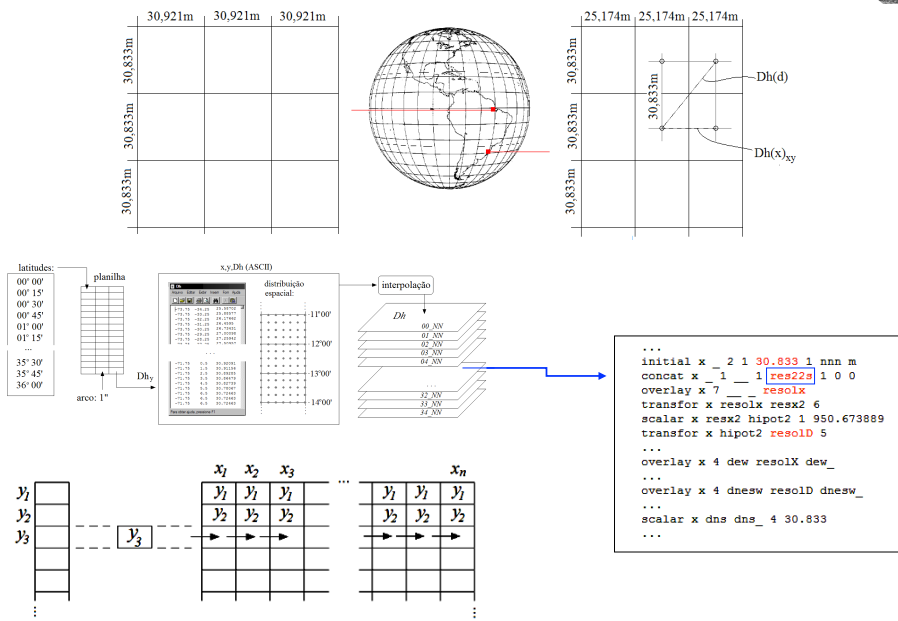
$$\cos\theta_o = \cos\theta_s \cos\theta_t + \sin\theta_s \sin\theta_t \cos(\varphi_s - \varphi_t)$$

declividade orientação de vertentes (aspecto)



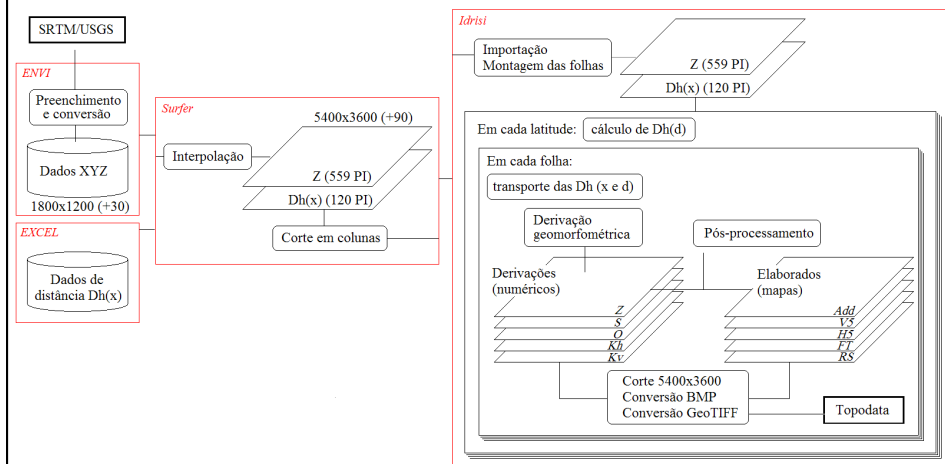
Adaptado de Valeriano (2007, 2011)

Natureza e solução do problema das distâncias horizontais



Adaptado de Valeriano e Albuquerque (2010)

Detalhamento técnico do fluxo geral de processamento

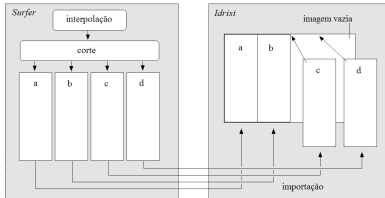


Detalhe da construção dos planos de informação básicos

```

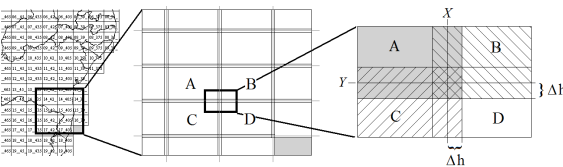
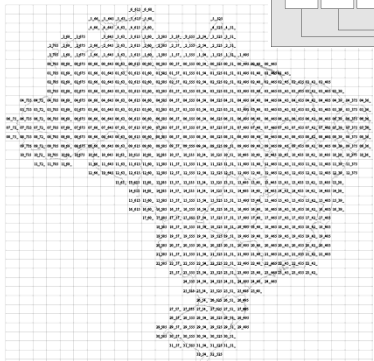
SET srfl=CreateObject("Surfer.App")

srfl.GridData (" _6_615.txt",xcol=0,ycol=1,xcol=2,\
xmin=-61.525,xmax=-59.975,ymin=4.975,ymax=6.025,nrow=3780,ncol=5580,\
GridScheme=1,OutGrid=" _6_615.grd",outfmt=1,\
variotype=2,varioscala=1,variolength=0.0093,errorvariance=0)
srfl.GridExtract (" _6_615.grd", c1=0001, c2=1395, OutGrid=" _6_615a", OutFmt=2)
srfl.GridExtract (" _6_615.grd", c1=1396, c2=2790, OutGrid=" _6_615b", OutFmt=2)
srfl.GridExtract (" _6_615.grd", c1=2791, c2=4185, OutGrid=" _6_615c", OutFmt=2)
srfl.GridExtract (" _6_615.grd", c1=4186, c2=5580, OutGrid=" _6_615d", OutFmt=2)
    
```



```

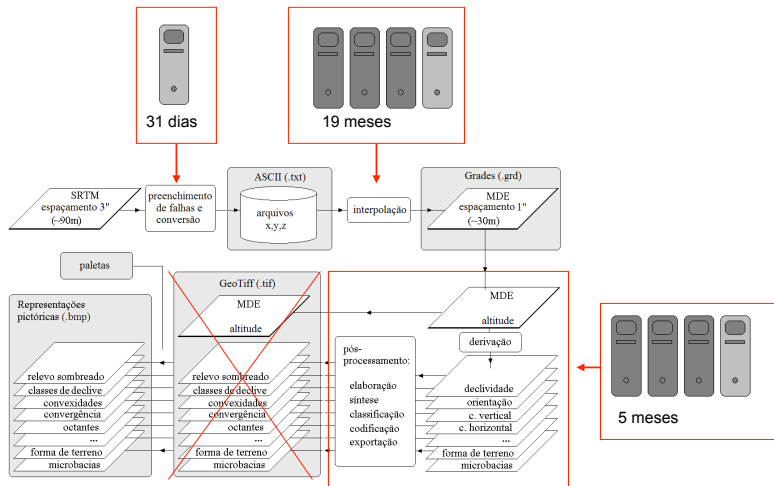
srflidris x 1 _6_615a a lat/long m
srflidris x 1 _6_615b b lat/long m
srflidris x 1 _6_615c c lat/long m
srflidris x 1 _6_615d d lat/long m
initial x _2 1 0 2 5500 3780 lat/long deg -61.525 -59.975 4.975 6.025 1 m
connect x _4 _6_615zrn 1 a 1 0 0 b 1 1395 0 c 1 2790 0 d 1 4185 0
    
```



Adaptado de Valeriano (2004); Valeriano e Albuquerque (2010)

Aspectos operacionais

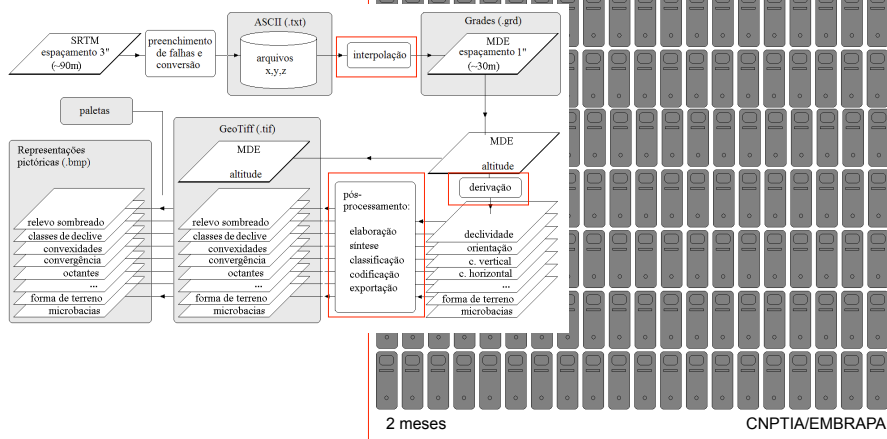
1a versão:



Aspectos operacionais

2a versão:

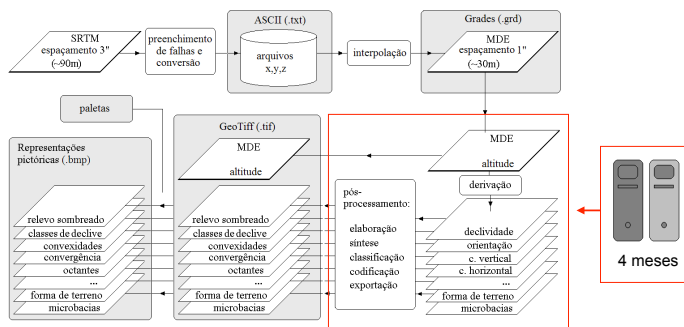
- problemas na articulação de folhas;
- aprimoramento em pós-processamentos da declividade, curvaturas;
- distâncias de resolução por latitude;
- formato geotiff.

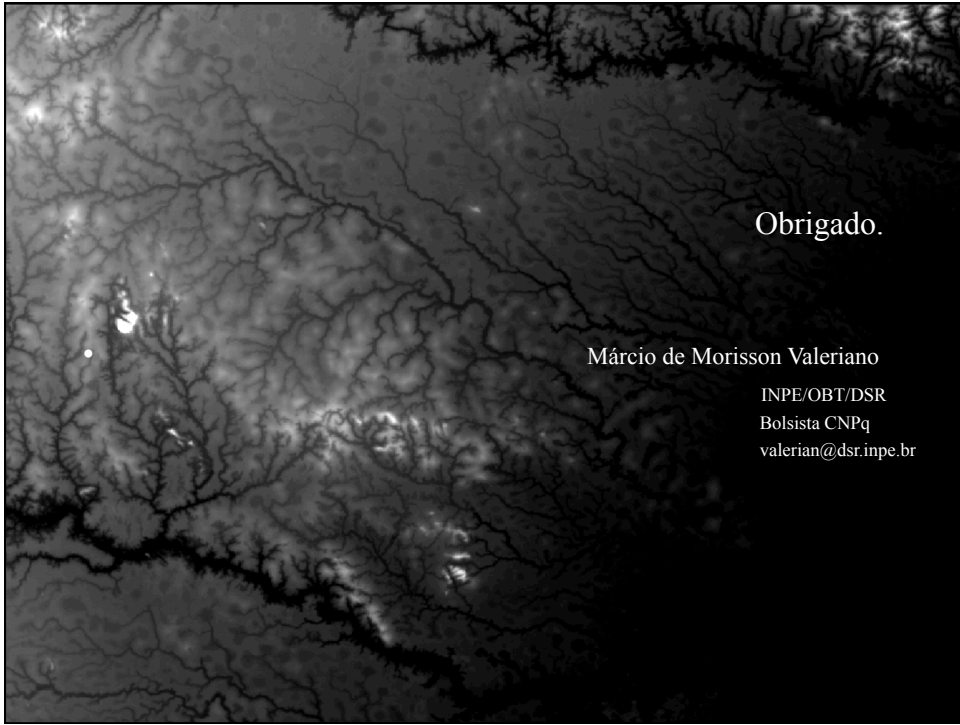


Aspectos operacionais

3a versão:

- variação contínua das distâncias de resolução;
- erros introduzidos nas classes de declividade na 2a versão;
- mudança de paletas aplicadas nos BMP; e
- novo relevo sombreado.





Obrigado.

Márcio de Morisson Valeriano

INPE/OBT/DSR
Bolsista CNPq
valerian@dsr.inpe.br