

28

Circular Técnica

Campinas, SP
Dezembro, 2013

Autores

Fernando Antônio de Pádua Paim
Analista de Sistemas,
Especialista em Análise de Sistemas,
analista da Embrapa Monitoramento
por Satélite, Campinas-SP
fernando.paim@embrapa.br

José Roberto Castilho Piqueira
Engenheiro Elétrico, Doutor
em Engenharia Elétrica, professor da
Universidade de São Paulo, São Paulo-SP
piquete@lac.usp.br

Laura Barbosa Vedovato
Ecóloga, Mestranda em Sensoriamento
Remoto no Instituto Nacional de Pesquisas
Espaciais, São José dos Campos-SP
lauravedovato@hotmail.com

Luiz Eduardo Vicente
Geógrafo, Doutor em Geografia,
pesquisador da Embrapa Monitoramento
por Satélite, Campinas-SP
luiz.vicente@embrapa.br

Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos
Biólogo, Doutor em Geografia,
professor da Universidade Federal da
Grande Dourados, Dourados-SP
sergiomattos@ufgd.edu.br



CompPlexus: programa para avaliação de complexidade de padrões em imagens de sensores remotos

Resumo

A criação do ComPlexus surgiu da necessidade de automatizar o processo de cálculo de duas medidas de complexidade que foram usadas por Mattos (2010) para avaliar os padrões texturais e espectrais de fitofisionomias do Cerrado paulista. Tais medidas já haviam sido aplicadas ao estudo da complexidade de sistemas ecológicos tritróficos (PIQUEIRA; CAMPBELL-BORGES, 2013; PIQUEIRA; MATTOS, 2011). Os resultados alcançados em ambos os casos demonstraram a potencialidade das medidas e motivaram sua criação e utilização no âmbito do projeto "Integração de dados multissensor e espectroscopia de reflectância aplicados ao mapeamento de alvos estratégicos da agricultura tropical" (Agspec), desenvolvido pela Embrapa Monitoramento por Satélite, e que tem a finalidade de desenvolver métodos quantitativos para o mapeamento remoto e a mensuração de características do solo e da planta a partir de análise espectrorradiométrica utilizando dados multissensor e espectroscopia de reflectância.

Dessa forma, a grande quantidade e diversidade de alvos contemplados pelo Agspec motivou a criação de um programa computacional que, a partir de um processo automático supervisionado, gerasse, com maior rapidez e confiabilidade, resultados e análises oriundas da aplicação de medidas de complexidade baseadas na entropia informacional. O aperfeiçoamento gradual e a adição de novas funcionalidades ao programa (que recebeu o nome CompPlexus, em referência à união dos termos computação e complexidade) foram acompanhados pela publicação de diversos trabalhos no âmbito do projeto Agspec, tais como Vedovato et al. (2012a, 2012b, 2013).

O software CompPlexus, apresentado neste trabalho, foi desenvolvido com o objetivo de ser um instrumento preciso e fácil para o cálculo de complexidade de padrões em imagens multiespectrais, e propicia a avaliação de atributos e padrões de alvos espectrais usando métricas de paisagem associadas ao paradigma da complexidade, o qual está relacionado a sistemas complexos, nos quais modelos lineares e deterministas não explicam adequadamente os padrões de organização e dinâmica desses sistemas (MATTOS, 2010). O CompPlexus utiliza duas métricas de paisagem baseadas na entropia informacional que podem ser utilizadas para avaliar a complexidade de padrões em imagens multiespectrais visando a heterogeneidade deles. Uma das medidas, He/Hmax, considera que a complexidade dos padrões aumenta em função do aumento da desordem do sistema. A outra, a medida SDL (Shiner, Davison, Landsberg), considera que a maior complexidade é encontrada no estado de heterogeneidade intermediária. O software ainda está em desenvolvimento, porém mostra-se eficiente para diferenciar padrões heterogêneos e homogêneos, e abre novas possibilidades de análise da paisagem (VEDOVATO et al., 2013). O objetivo deste trabalho é elucidar procedimentos operacionais da versão atual, de forma a facilitar o uso do software.

Introdução

O conhecimento científico passa pela identificação de padrões e o entendimento dos processos que os geram. Encontrar um padrão é descobrir uma unicidade na multiplicidade de elementos e processos.

O paradigma da complexidade é uma das metodologias utilizadas para a busca de padrões na natureza. Ele está relacionado a sistemas complexos, isto é, aqueles para os quais os modelos lineares e deterministas não se aplicam adequadamente para explicar os padrões relacionados à organização e dinâmica desses sistemas (VICENTE, 2007).

O emprego de métricas associadas a esse paradigma tem sido cada vez mais comum em estudos da paisagem, especialmente naqueles que se utilizam do sensoriamento remoto. A partir dessas métricas, padrões da paisagem podem ser identificados e as dinâmicas a eles subjacentes podem ser explicadas (MATTOS, 2010).

A entropia informacional é a base de algumas dessas métricas, pois permite avaliar, a partir da quantidade e redundância da informação, como é a organização do sistema. O CompPlexus implementa o cálculo de métricas de paisagem com base na entropia informacional.

O que o software faz?

O programa CompPlexus faz uma série de cálculos (ver MATTOS, 2010) usando alguns algoritmos específicos que atuam sobre a representação matricial das imagens. Basicamente os resultados são representados como valores de entropia e complexidade. O programa usa como entrada de dados o relatório estatístico ROIStats gerado pelo software ENVI, no qual é apresentada a frequência distribuição dos digital numbers (DN) por banda para uma dada imagem obtida por sensoriamento remoto.

Funcionamento do programa CompPlexus

Para a análise do padrão textural das imagens, o CompPlexus implementa o cálculo das medidas de complexidade baseadas na entropia informacional H_e/H_{max} e SDL. O valor atribuído à extensão do sistema (N) foi de 256, que corresponde ao número total de níveis de cinza que podem estar presentes nas imagens.

A probabilidade de cada estado (p) foi obtida calculando-se a frequência relativa de cada nível de cinza. Para os espectros, o valor da extensão do sistema (N) foi considerado como correspondente ao intervalo entre os valores mínimo e máximo de reflectância obtidos em cada banda analisada (por exemplo, se os valores mínimo e máximo dos pixels de uma área foram, respectivamente, 2 e 10, o número de estados possíveis do sistema é 9). Já a probabilidade de cada estado (p) foi calculada pela frequência relativa de cada valor de reflectância. (MATTOS, 2010).

Há, ainda, a possibilidade de se usar somente os pontos cujos valores são diferentes de zero, o que torna o cálculo das medidas mais adequado.

Tela de abertura do programa

Após o usuário executar o programa (compplexus.exe), a janela inicial do software é exibida (Figura 1).

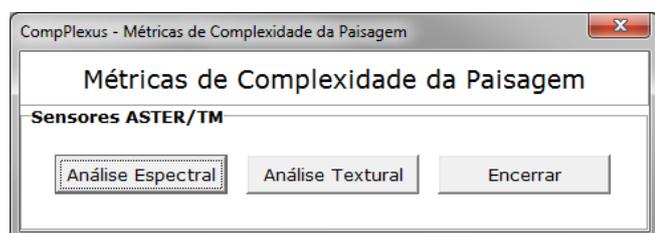


Figura 1. Janela inicial do programa CompPlexus.

Nessa tela, pode-se ver, em destaque, dois controles principais que permitem acesso às funcionalidades do programa, um deles denominado “Análise espectral” e o outro denominado “Análise textural”. Um terceiro controle, denominado “Encerrar”, é aquele que causa a finalização da execução do programa. Também pode-se observar que os controles estão colocados em um quadro cujo título é “Sensores ASTER/TM”, que foram os sensores usados na coleta das imagens analisadas pelo programa.

A análise espectral

Uma vez acionado o controle “Análise espectral”, a janela da Figura 2 é aberta.

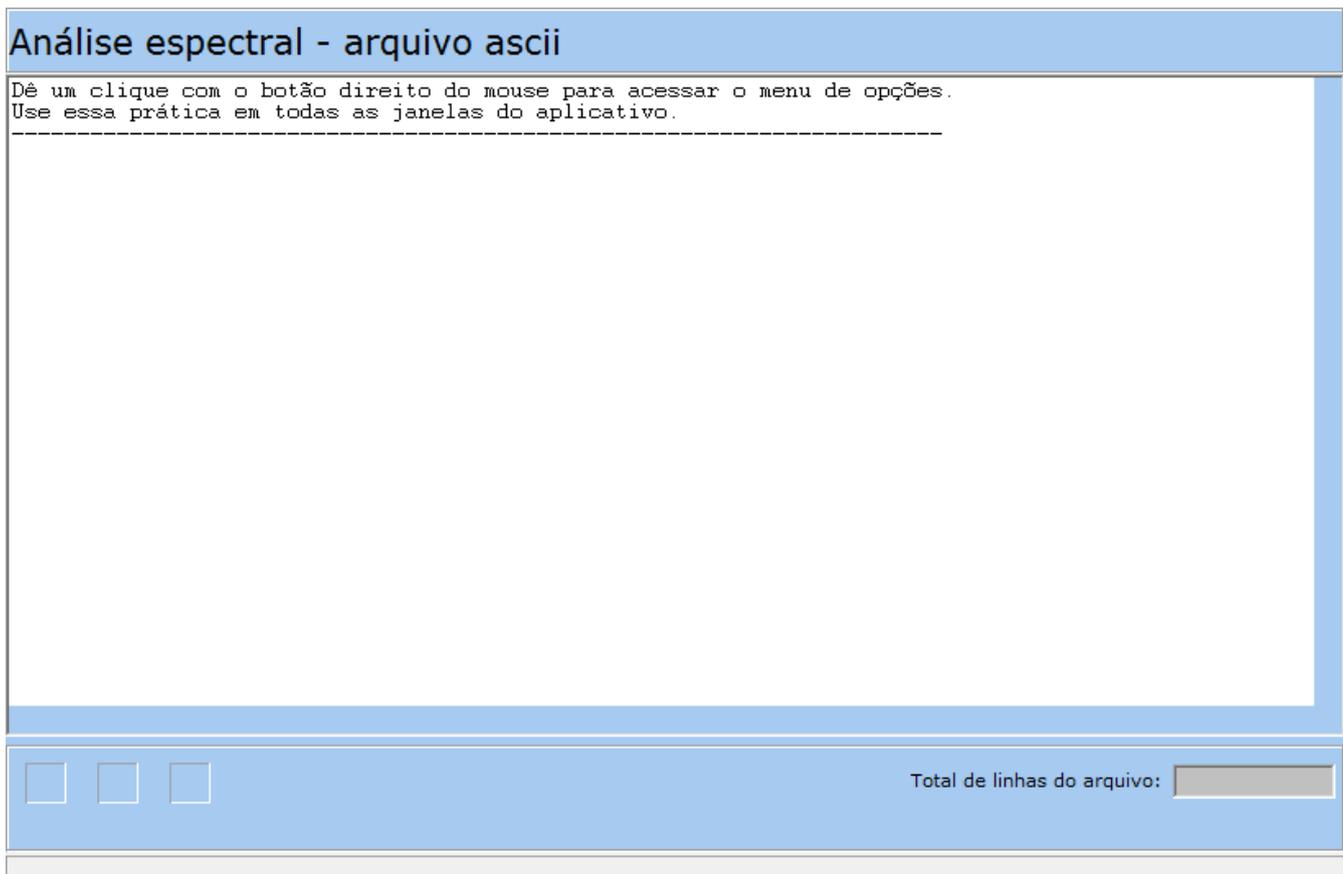


Figura 2. Janela inicial da análise espectral.

Basicamente as funcionalidades do software são acessadas por meio de menus pop-up ativados com o botão direito do mouse. Dessa forma, ao se clicar com o botão direito do mouse na tela inicial da análise espectral, o menu de opções mostrado na Figura 3 é exibido.

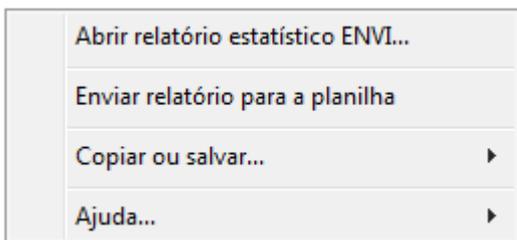


Figura 3. Menu pop-up da análise espectral.

Ele traz as seguintes opções:

- **Abrir relatório estatístico ENVI...** É a opção que permite visualizar o arquivo-texto gerado pelo ENVI com os dados de ROI (region of interest), os quais serão submetidos à análise realizada pelo CompPlexus.
- **Enviar relatório para a planilha.** Essa opção permite que os dados do relatório sejam classificados e enviados para uma estrutura adequada, em etapa que precede o processamento desses dados.
- **Copiar ou salvar...** Permite fazer uma cópia da janela para a área de transferência e também salvar essa mesma janela em um arquivo de imagem do tipo bmp. Trata-se de uma funcionalidade interessante, uma vez que pode ser utilizada como meio para comunicar alguma inconsistência nos dados, ou mesmo auxiliar na documentação do software por meio da captura de imagens, como foi feito na confecção desta Circular Técnica.
- **Ajuda...** É representada por um texto auxiliar indicando qual é o formato de dados esperado pelo programa nessa janela.

A atividade principal desse menu é a de abrir o relatório estatístico do software ENVI, pois é a partir dessa opção que os cálculos são realizados. Ao se selecionar essa opção, com o botão esquerdo do mouse, uma pequena janela é exibida na tela para escolha do arquivo a ser aberto. Uma vez escolhido, o arquivo é carregado na janela de dados da análise espectral (Figura 4).

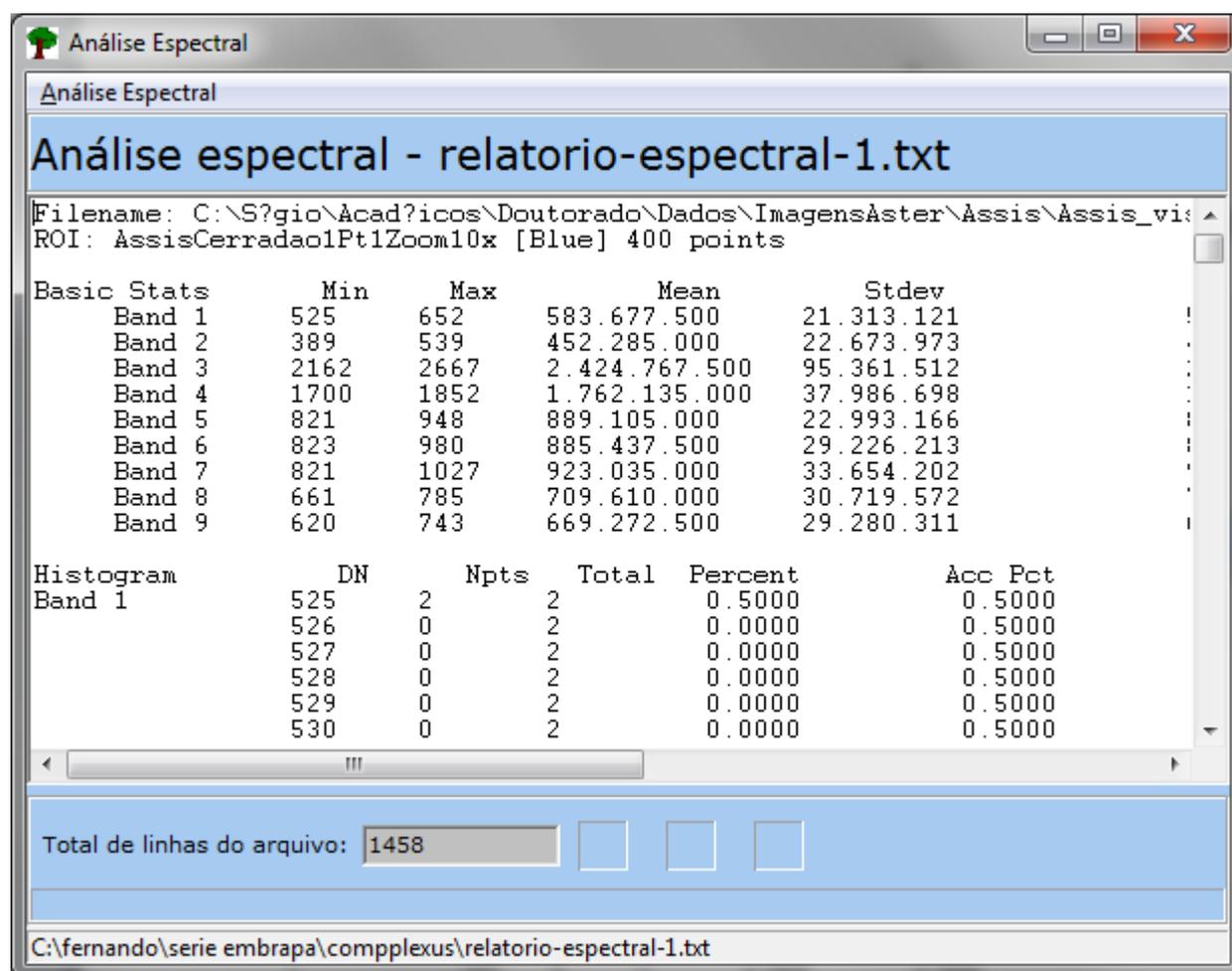


Figura 4. Relatório ENVI carregado na janela de texto da análise espectral.

A Figura 4 mostra o arquivo que gerado pelo ENVI. Observa-se, no cabeçalho, que são informados o nome do arquivo gerado a partir dos dados de ROI e a quantidade de pontos (neste exemplo, 400 pontos).

Logo abaixo, pode-se notar uma estatística básica das bandas que compõem a imagem, na qual observam-se os valores:

- valor mínimo do digital number (Min),
- valor máximo do digital number (Max),
- valor médio do digital number (Mean),
- valor do desvio padrão do digital number (Stddev).

O digital number (DN) é um valor que representa a radiância ou a reflectância da ROI. Abaixo, no arquivo, são registrados os dados referentes a cada banda. As variáveis usadas são:

- digital number (DN),
- número de pontos que apresentaram aquele digital number (NPTS),
- percentual (Percent do DN),
- percentual acumulado (Acc Pct).

Uma vez que o relatório tenha sido carregado no programa, o passo seguinte consiste em enviá-lo para a planilha, que é o local adequado para se realizar os cálculos. Assim, clicando com o botão direito do mouse na área onde está carregado o arquivo, pode-se exibir o menu. No menu, deve-se escolher a opção "Enviar relatório para a planilha". Quando ela é ativada, os dados são enviados para a planilha e o programa exibe a janela mostrada na Figura 5.

Band	DN	Npts	Total	Percent	Acc Pct
1	525	2	2	0,5000	0,5000
1	526	0	2	0,0000	0,5000
1	527	0	2	0,0000	0,5000
1	528	0	2	0,0000	0,5000
1	529	0	2	0,0000	0,5000
1	530	0	2	0,0000	0,5000
1	531	0	2	0,0000	0,5000
1	532	0	2	0,0000	0,5000
1	533	0	2	0,0000	0,5000
1	534	0	2	0,0000	0,5000
1	535	0	2	0,0000	0,5000
1	536	0	2	0,0000	0,5000
1	537	0	2	0,0000	0,5000
1	538	0	2	0,0000	0,5000
1	539	0	2	0,0000	0,5000
1	540	0	2	0,0000	0,5000
1	541	13	15	32,5000	37,5000
1	542	0	15	0,0000	37,5000
1	543	0	15	0,0000	37,5000

Planilha - relatorio-espectral-1.txt *todos npts*

Somatórios

Filtro de NPTS
 ignorar npts nulo

Filtro de banda
 Selecione a banda
 Todas as bandas

Total de linhas da planilha
 1428

C:\fernando\serie embrapa\complexus\relatorio-espectral-1.txt

Figura 5. Planilha com os dados do relatório ENVI.

Pode-se observar, na janela da planilha, que os valores foram carregados e individualizados em células. O programa exibe, no cabeçalho do formulário, o nome do arquivo carregado e também um indicativo de que todos os pontos foram carregados. Essa informação é dada pela expressão “todos npts”, no lado superior direito da tela. A informação é pertinente, pois pode-se filtrar o conjunto de dados de forma a não considerar os dados cujos npts são nulos, o que possibilita um cálculo mais preciso das medidas. Nessa mesma janela, pode-se observar também um campo no qual é exibida a quantidade de linhas de dados que foram inseridas na planilha e que corresponde à quantidade de linhas de dados do arquivo-texto enviado. Finalmente, no painel lateral esquerdo, pode-se ver o comando “calcular somatórios”, que é o passo seguinte no processo da análise espectral.

Uma consideração importante a ser observada aqui diz respeito à formatação numérica dos dados. De acordo com a configuração do sistema operacional, a representação decimal pode ser feita usando ponto ou vírgula. O ajuste dessa configuração deve ser feito no programa, para que os cálculos sejam realizados com sucesso. Dessa forma, usando o botão direito do mouse, deve-se clicar na área da planilha para ativar o menu pop-up. O menu mostrado na Figura 6 é exibido.

Band	DN	Npts	Total	Percent	Acc Pct
1	525	2	2	0.5000	0.5000
1	526				
1	527				
1	528				
1	529				
1	530				
1	531	0	2	0.0000	0.5000
1	532	0	2	0.0000	0.5000
1	533	0	2	0.0000	0.5000
1	534	0	2	0.0000	0.5000
1	535	0	2	0.0000	0.5000
1	536	0	2	0.0000	0.5000

Formatação dos dados da planilha	
Usar vírgula como decimal	
Usar ponto como decimal	
Excluir uma banda da planilha	
Ver matriz auxiliar	
Ver histórico dos cálculos	

Figura 6. Menu da planilha com os dados do relatório ENVI.

No menu, pode-se observar as duas opções de formatação numérica. Deve-se escolher a que for adequada à configuração do sistema operacional. Após a configuração dos valores, pode-se proceder à realização dos cálculos, que podem ser feitos usando a opção “Calcular somatórios” desse menu ou o comando com o mesmo título localizado no painel lateral esquerdo. Quando a execução do cálculo dos somatórios é ativada, o programa exibe a janela das Figuras 7a e 7b.

Somatórios da Análise Espectral							
Somatórios - relatorio_envi.txt							
	Pontos	DN min	DN max	DN med	Média (DN)	Sum. Npts	Sum. Freq
Band 1	128	525	652	588,5	188,32	400	1
Band 2	151	389	539	464	175,16	400	1
Band 3	253	2162	2666	2414	1526,855	400	1
Band 4	153	1700	1852	1776	679,32	400	1
Band 5	128	821	948	884,5	283,04	400	1
Band 6	158	823	980	901,5	356,0925	400	1
Band 7	207	821	1027	924	478,17	400	1
Band 8	125	661	785	723	225,9375	400	1
Band 9	124	620	743	681,5	211,265	400	1

C:\fernando\serie embrapa\complexus\relatorio_envi.txt

Figura 7a. Janela com os somatórios das bandas.

Entropia Máxima	Entropia Calculada	He/Hmax	SDL
7	2,43552570990478	0,347932244272112	0,226875397667883
7,23840473932508	2,27855110796811	0,314786363850188	0,215695908984165
8,98013957763916	3,61462612876861	0,402513357116313	0,240496354459269
7,25738784269265	2,01435472514285	0,277559194686153	0,200520088131327
7	1,57169310291707	0,22452758613101	0,174114949197192
7,3037807481771	1,97856002352611	0,270895320073775	0,197511045635902
7,69348695749933	1,97837567060075	0,257149415022053	0,191023593375869
6,96578428466209	1,90826935601108	0,273948959374595	0,198900927032171
6,95419631038687	1,84040487268875	0,264646666637797	0,1946088084753

Figura 7b. (continuação) Janela com os somatórios das bandas.

Na janela de somatórios da Figura 7b, pode-se observar as variáveis relevantes para a análise espectral, que são:

- Entropia máxima,
- Entropia calculada,
- He/Hmax,
- SDL.

Caso se deseje fazer os cálculos ignorando os NPTS nulos, pode-se filtrar os dados, bastando, para isso, que se marque a opção "ignorar NPTS nulos", a qual permite um cálculo mais preciso das medidas, como é mostrado na Figura 8.

Band	DN	Npts	Total	Percent	Acc Pct	Freq.	Entropia
1	525	2	2	0,5000	0,5000	0,005	0,0382192
1	541	13	15	32,500	37,500	0,0325	0,1606610
1	556	45	60	112,500	150,000	0,1125	0,3546003
1	572	125	185	312,500	462,500	0,3125	0,5243974
1	588	112	297	280,000	742,500	0,28	0,5142203
1	604	69	366	172,500	915,000	0,1725	0,4373447
1	620	20	386	50,000	965,000	0,05	0,2160964
1	636	12	398	30,000	995,000	0,03	0,1517668
1	652	2	400	0,5000	1,000.000	0,005	0,0382192
2	389	1	1	0,2500	0,2500	0,0025	0,0216096
2	408	11	12	27,500	30,000	0,0275	0,1425716
2	427	85	97	212,500	242,500	0,2125	0,4748238
2	446	140	237	350,000	592,500	0,35	0,5301006
2	464	102	339	255,000	847,500	0,255	0,5027148
2	483	42	381	105,000	952,500	0,105	0,3414115
2	502	13	394	32,500	985,000	0,0325	0,1606610
2	521	4	398	10,000	995,000	0,01	0,0664385
2	539	2	400	0,5000	1,000.000	0,005	0,0382192
3	2162	1	1	0,2500	0,2500	0,0025	0,0216096
3	2194	2	3	0,5000	0,7500	0,005	0,0382192
3	2224	5	8	12,500	20,000	0,0125	0,0790241
3	2256	17	25	42,500	62,500	0,0425	0,1936467
3	2288	18	43	45,000	107,500	0,045	0,2013269
3	2320	26	69	65,000	172,500	0,065	0,2563220
3	2350	46	115	115,000	287,500	0,115	0,3588228

Figura 8. Planilha com os dados do relatório ENVI (ignorando NPTS nulo).

Nota-se uma redução considerável na quantidade de linhas de dados na planilha, cujo efeito pode ser analisado no cálculo dos somatórios. Observa-se que o cabeçalho do formulário é alterado para indicar a nova situação, "ignorando NPTS nulo". O cálculo dos somatórios usando esse novo conjunto de dados permite constatar a mudança nos valores das variáveis em estudo.

Da mesma forma, também pode-se filtrar os dados por banda. Para tanto, basta selecionar a banda para a qual se deseja ver os dados e aplicar o filtro. A Figura 9 ilustra a opção na qual são ignorados os NPTS nulos e são considerados apenas os dados da banda 1.

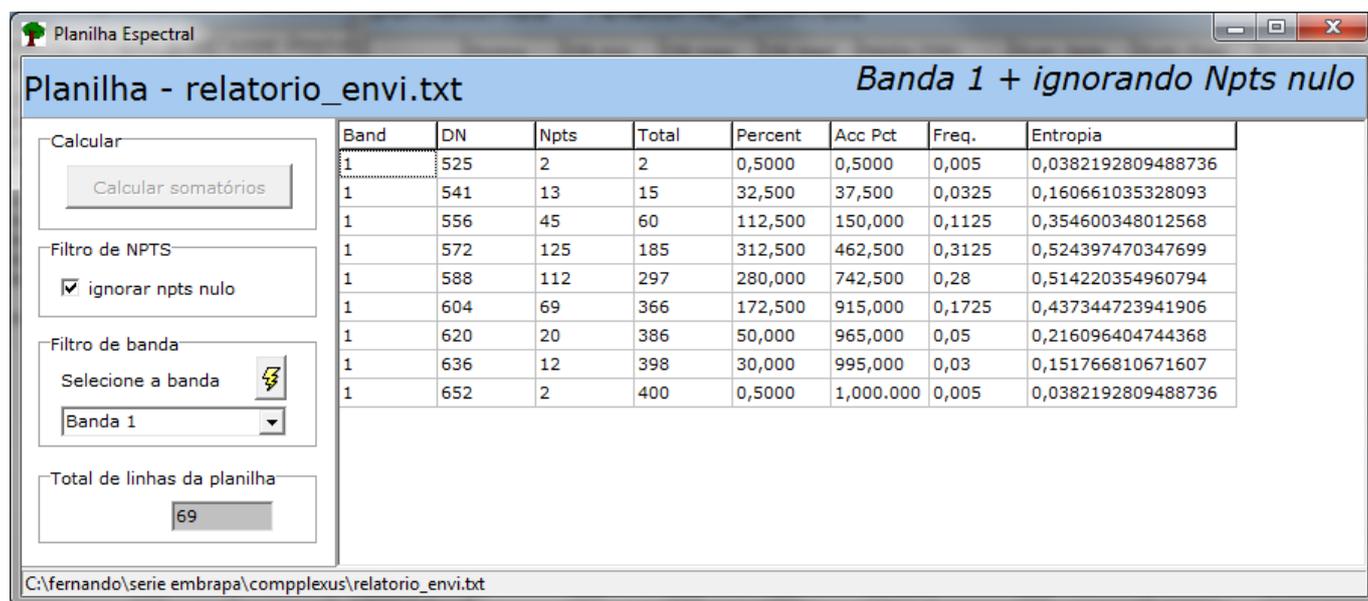


Figura 9. Planilhas com os dados da banda 1 (ignorando NPTS nulo).

Na tela dos somatórios, pode-se calcular as médias dos valores calculados. Para isso, basta ativar o menu usando o botão direito do mouse e escolher a opção "Calcular médias", como é mostrado na Figura 10.

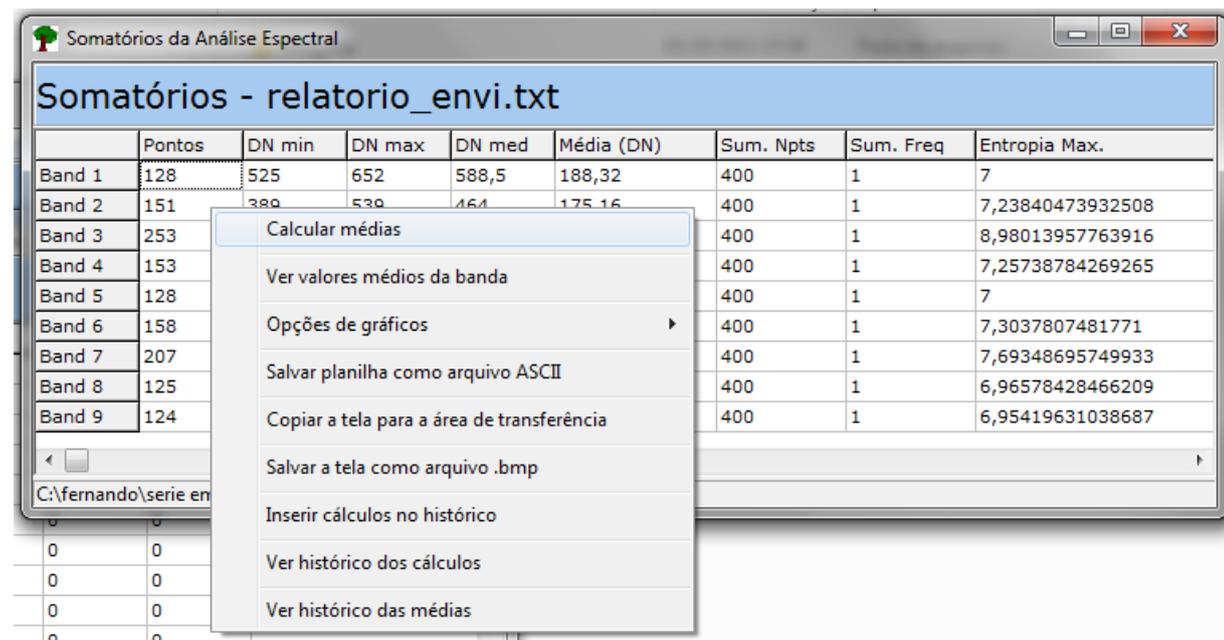


Figura 10. Planilhas com os dados da banda 1 (ignorando NPTS nulo).

Ao se ativar a opção para calcular as médias, uma nova linha de dados com as respectivas médias de cada coluna é acrescentada ao final da planilha (Figura 11).

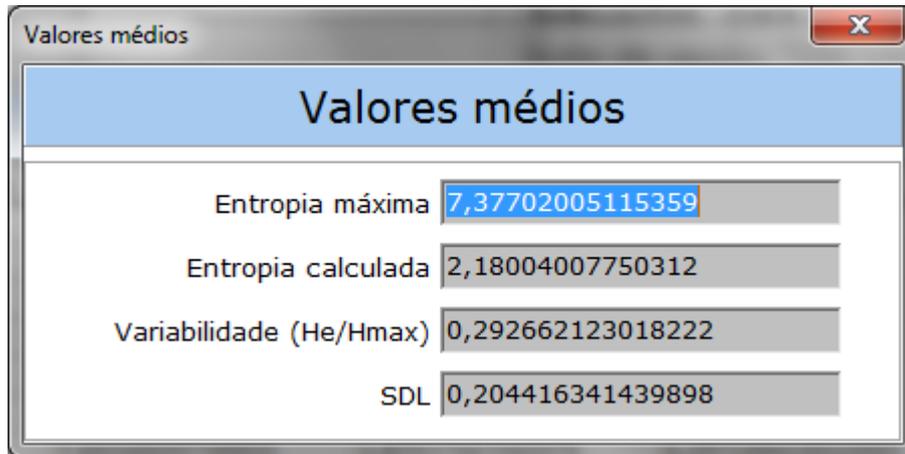


Figura 12. Valores médios de ROI.

Os valores relevantes para a análise espectral podem ser visualizados em destaque por meio da opção “Ver valores médios da banda” (Figura 12).

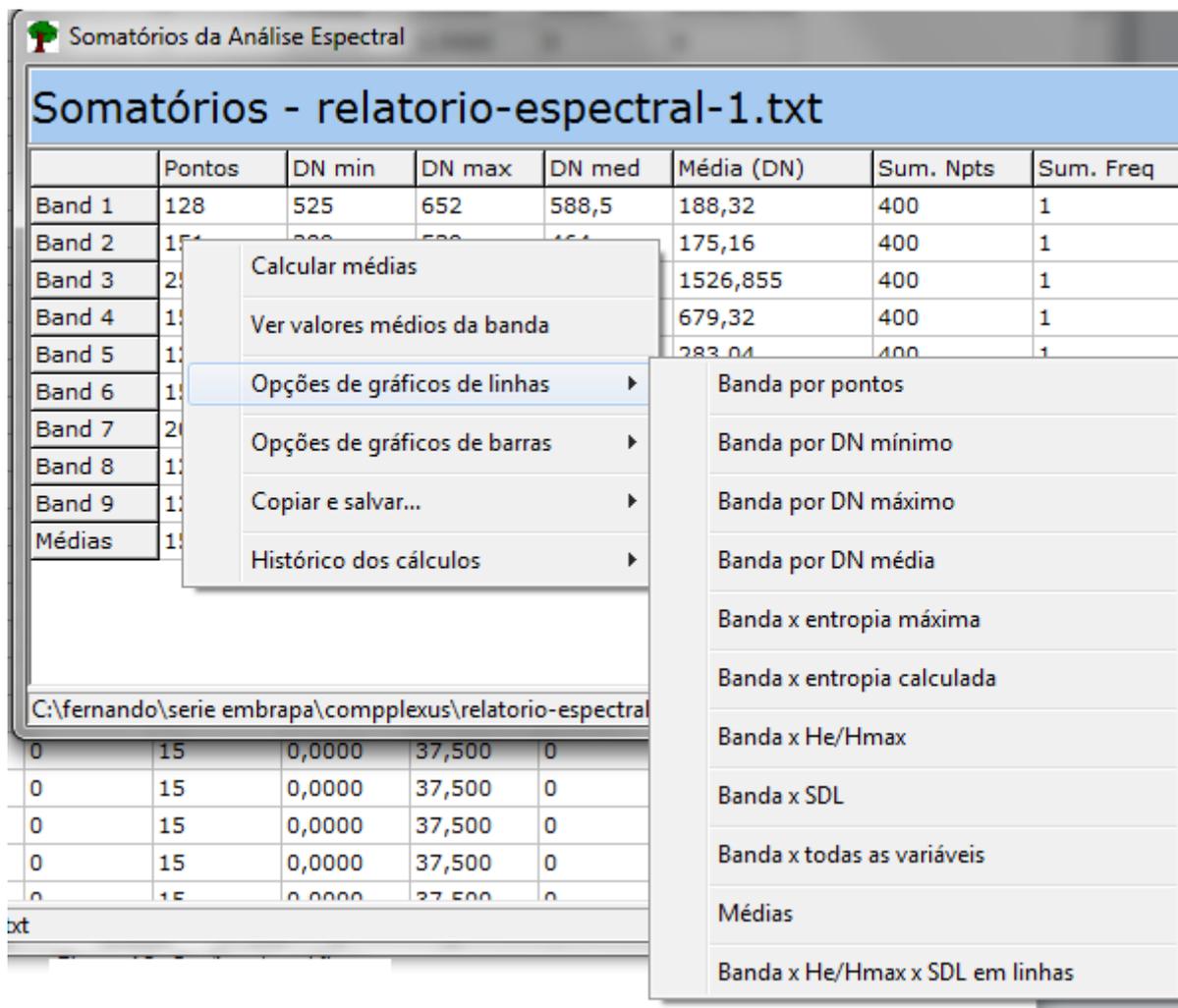


Figura 13. Opções de gráficos.

Há uma série de opções de gráficos que podem ser acessados por meio da opção de menu “Opções de gráficos”, como é mostrado na Figura 13.

Na Figura 14, pode-se observar um gráfico gerado pelo programa.

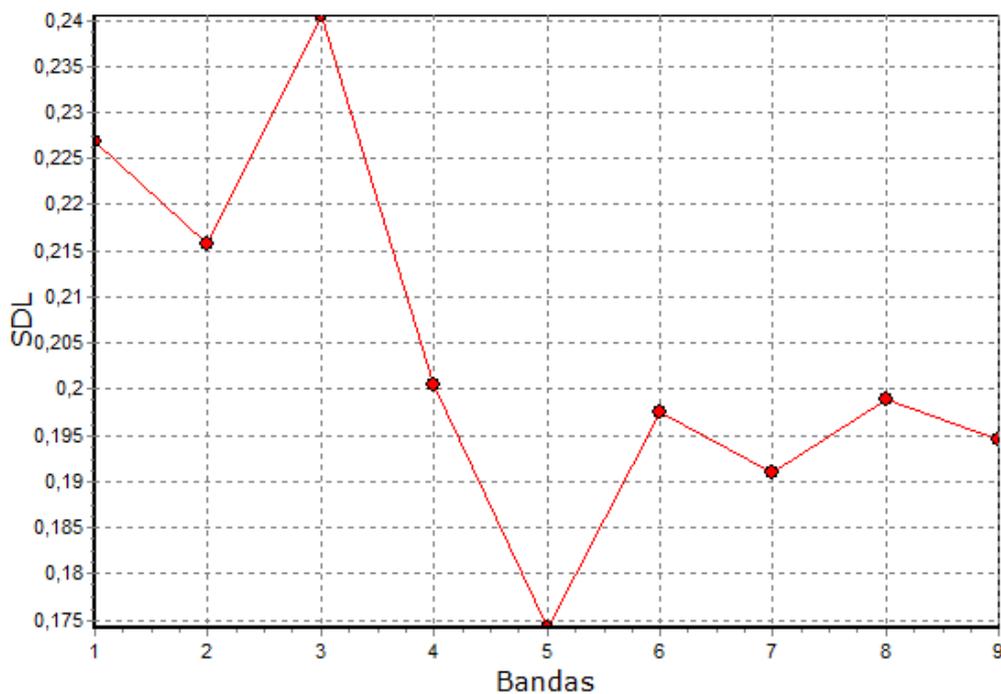


Figura 14. Gráfico das bandas x SDL.

Pode-se configurar os gráficos para melhor exibir as informações mostradas neles. Com o botão direito do mouse, ativa-se o menu de opções de configuração (Figura 15).

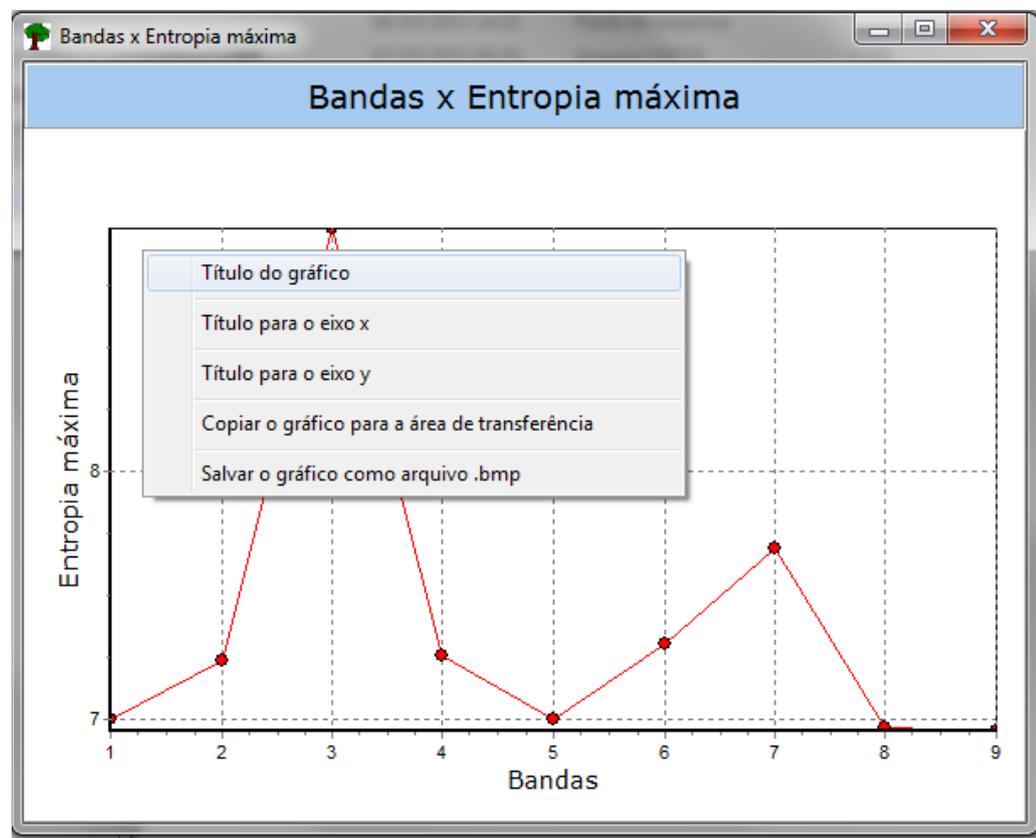


Figura 15. Menu de configuração do gráfico.

As opções para a configuração do gráfico são:

- Definir um título para o gráfico,
- Definir um título para o eixo x,
- Definir um título para o eixo y.

Adicionalmente, pode-se fazer uma cópia do gráfico para a área de transferência e também salvar o gráfico como um arquivo bmp.

Na Figura 16, pode-se observar outro gráfico gerado pelo programa, no qual estão presentes todas as variáveis em estudo.

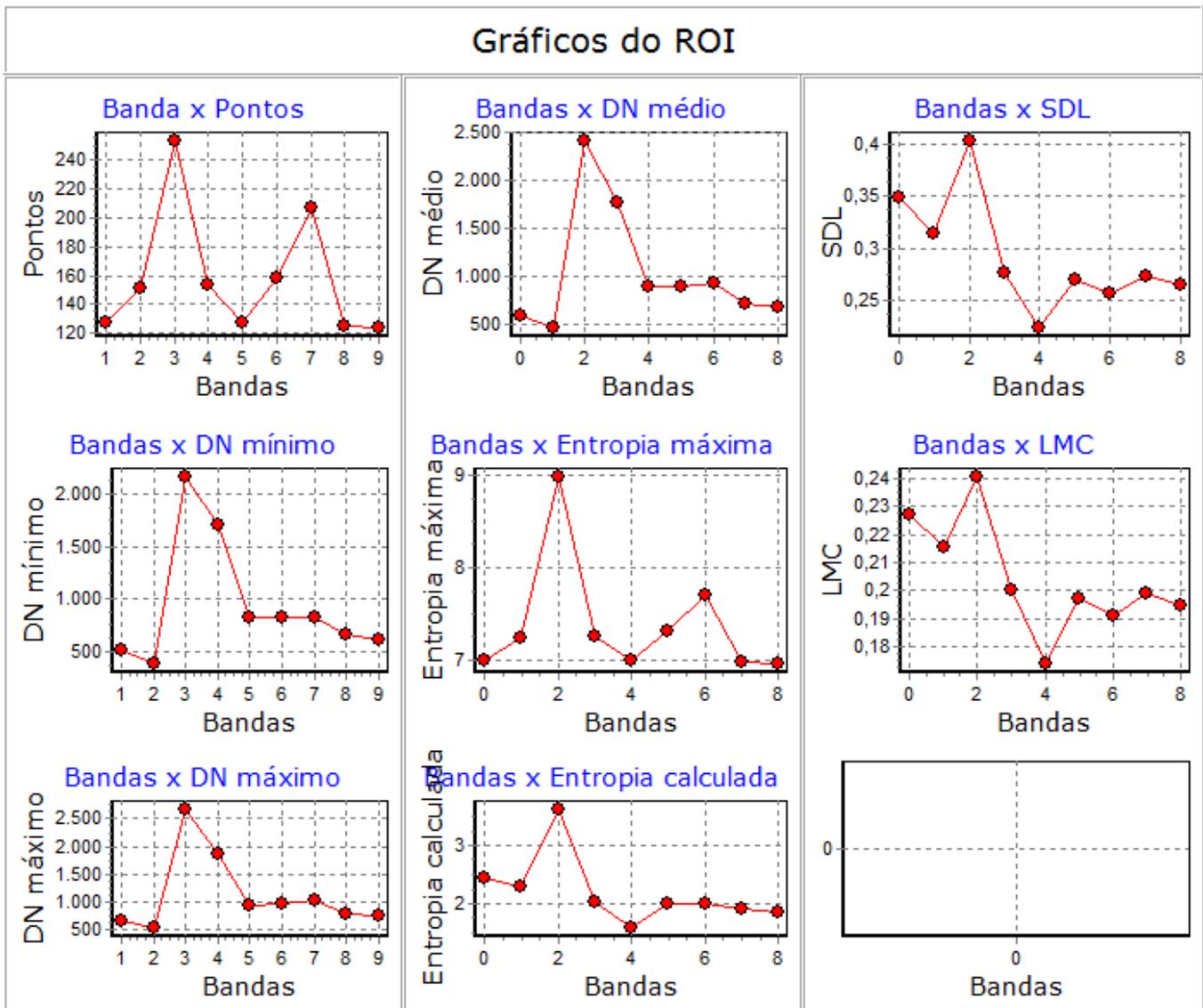


Figura 16. Menu de configuração do gráfico.

Uma vez que a análise espectral consiste na análise de várias ROIs, para posterior inferência, o programa provê a funcionalidade de guardar, em memória, os resultados parciais de cada uma das análises. Essa funcionalidade é acessada por meio do menu de opções na tela dos somatórios. Com o botão direito do mouse, ativa-se o menu e escolhe-se a opção "Inserir cálculos no histórico" (Figura 17).

	Pontos	DN min	DN max	DN med	Média (DN)	Sum. Npts
Band 1	128	88,32	400			400
Band 2	151	75,16	400			400
Band 3	253	26,855	400			400
Band 4	153	9,32	400			400
Band 5	128	3,04	400			400
Band 6	158	6,0925	400			400
Band 7	207	8,17	400			400
Band 8	125	5,9375	400			400
Band 9	124	1,265	400			400
Médias	158,6	8,24	400			400

Figura 17. Opção Inserir cálculos no histórico.

Ao ser realizada essa operação, o programa exibe a janela do histórico dos dados até o presente momento. As informações relevantes para posterior análise são a relação He/Hmax e SDL de cada uma das bandas (Figura 18).

ROI	Banda	He/Hmax	SDL
relatorio-espectral-1.txt	Band 1	0,347932244272112	0,226875397667883
relatorio-espectral-1.txt	Band 2	0,314786363850188	0,215695908984165
relatorio-espectral-1.txt	Band 3	0,402513357116313	0,240496354459269
relatorio-espectral-1.txt	Band 4	0,277559194686153	0,200520088131327
relatorio-espectral-1.txt	Band 5	0,22452758613101	0,174114949197192
relatorio-espectral-1.txt	Band 6	0,270895320073775	0,197511045635902
relatorio-espectral-1.txt	Band 7	0,257149415022053	0,191023593375869
relatorio-espectral-1.txt	Band 8	0,273948959374595	0,198900927032171
relatorio-espectral-1.txt	Band 9	0,264646666637797	0,1946088084753
relatorio-espectral-1.txt	Médias	0,292662123018222	0,204416341439898
X-X			

Figura 18. Janela do histórico de He/Hmax e SDL.

Na Figura 18, pode-se observar que o histórico dos cálculos é uma planilha com quatro colunas:

- ROI (nome do arquivo do relatório),
- Banda (cada uma das bandas da imagem),
- He/Hmax,
- SDL.

Há uma linha na coluna ROI com o texto "x-x" que indica o fim dos dados da ROI em questão. Nota-se também que a última linha de dados é uma linha que contém a média dos respectivos valores de He/Hmax e SDL.



ROI	Banda	He/Hmax	SDL
relatorio-espectral-1.txt	Band 1	0,347932244272112	0,226875397667883
relatorio-espectral-1.txt	Band 2	0,314786363850188	0,215695908984165
relatorio-espectral-1.txt	Band 3	0,402513357116313	0,240496354459269
relatorio-espectral-1.txt	Band 4	0,277559194686153	0,200520088131327
relatorio-espectral-1.txt	Band 5	0,22452758613101	0,174114949197192
relatorio-espectral-1.txt	Band 6	0,270895320073775	0,197511045635902
relatorio-espectral-1.txt	Band 7	0,257149415022053	0,191023593375869
relatorio-espectral-1.txt	Band 8	0,273948959374595	0,198900927032171
relatorio-espectral-1.txt	Band 9	0,264646666637797	0,1946088084753
relatorio-espectral-1.txt	Médias	0,292662123018222	0,204416341439898
X-X			
relatorio-espectral-2.txt	Band 1	0,321798748479874	0,218244313956661
relatorio-espectral-2.txt	Band 2	0,3142652797447	0,215502613691686
relatorio-espectral-2.txt	Band 3	0,370180682452204	0,233146944791424
relatorio-espectral-2.txt	Band 4	0,286425689856038	0,204386014046531
relatorio-espectral-2.txt	Band 5	0,261489837482861	0,193112902376048
relatorio-espectral-2.txt	Band 6	0,273030547942732	0,198484867832823
relatorio-espectral-2.txt	Band 7	0,269465596831238	0,196853888955622
relatorio-espectral-2.txt	Band 8	0,293485873824974	0,207351915690166
relatorio-espectral-2.txt	Band 9	0,279605083340492	0,201426080710649
relatorio-espectral-2.txt	Médias	0,296638593328346	0,207612171339068
X-X			

Figura 19. Histórico dos cálculos de duas ROIs.

Uma vez concluídos os cálculos para uma ROI, deve-se carregar outro relatório estatístico (ROIStats) e fazer o mesmo procedimento até a parte de inserir os cálculos no histórico. A Figura 19 mostra o histórico de duas ROIs.

Uma vez que se tenha o histórico de vários cálculos de ROIs, pode-se plotar gráficos para ajudar nas análises. Com o botão direito do mouse, pode-se acessar o menu de opções e escolher a opção "Gráficos por ROIs" (Figura 20).

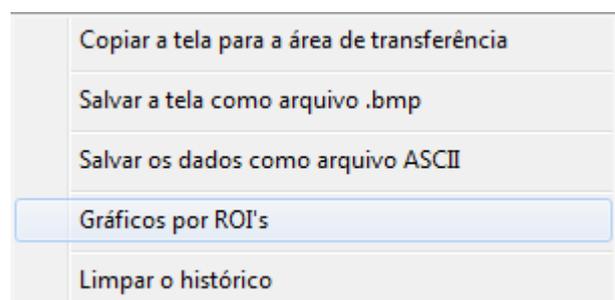


Figura 20. Menu de opções da janela do histórico dos cálculos.

Ao selecionar-se essa opção, o programa exibe a janela da Figura 21, na qual pode-se escolher a variável que se deseja analisar e também duas ROIs para comparação.

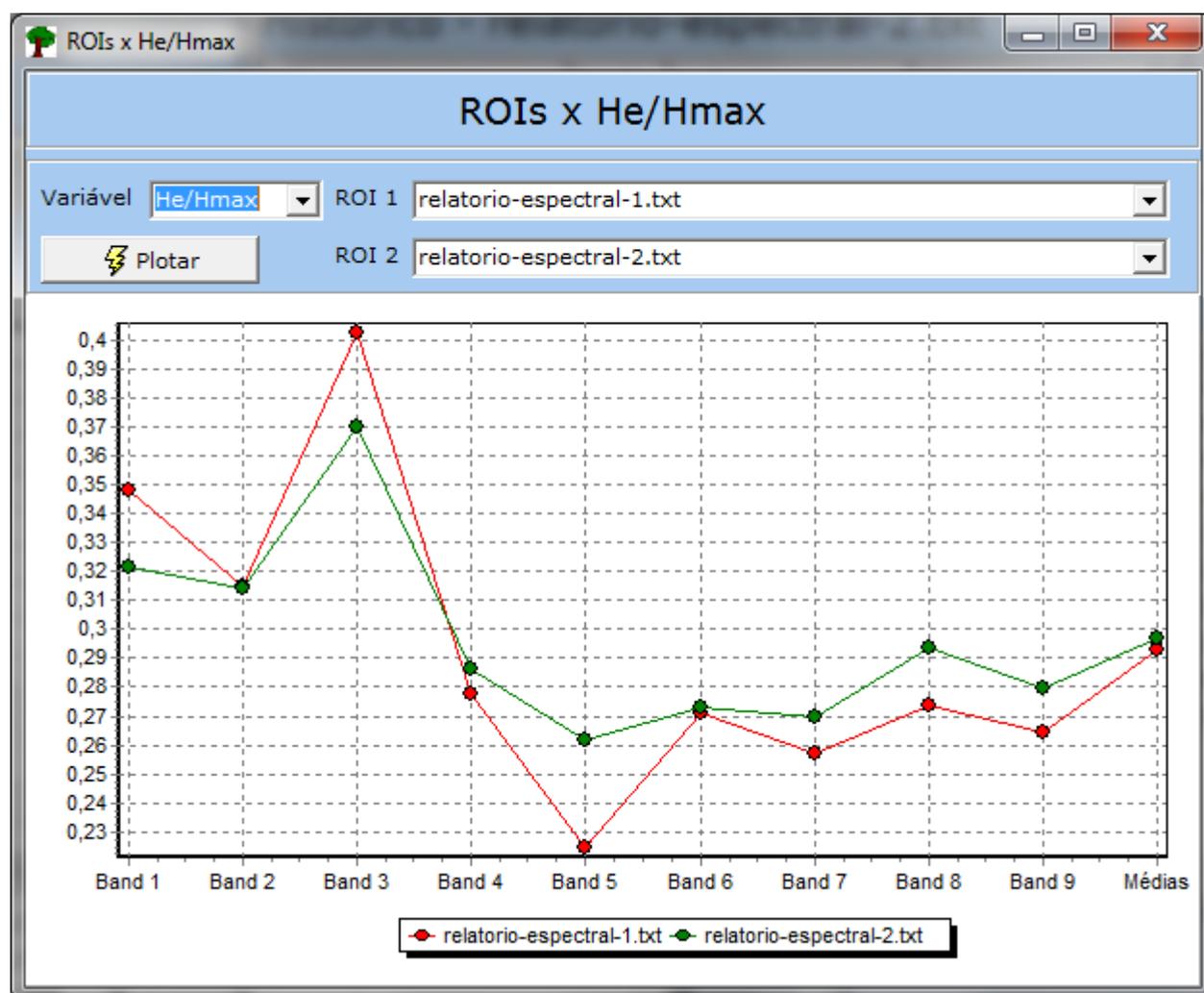


Figura 21. Gráfico comparativo de He/Hmax entre duas ROIs.

Na Figura 21, observa-se um gráfico no qual pode-se analisar a variável He/Hmax para cada uma das bandas que compõem as duas ROIs selecionadas. A legenda também permite identificar o gráfico com o respectivo arquivo.

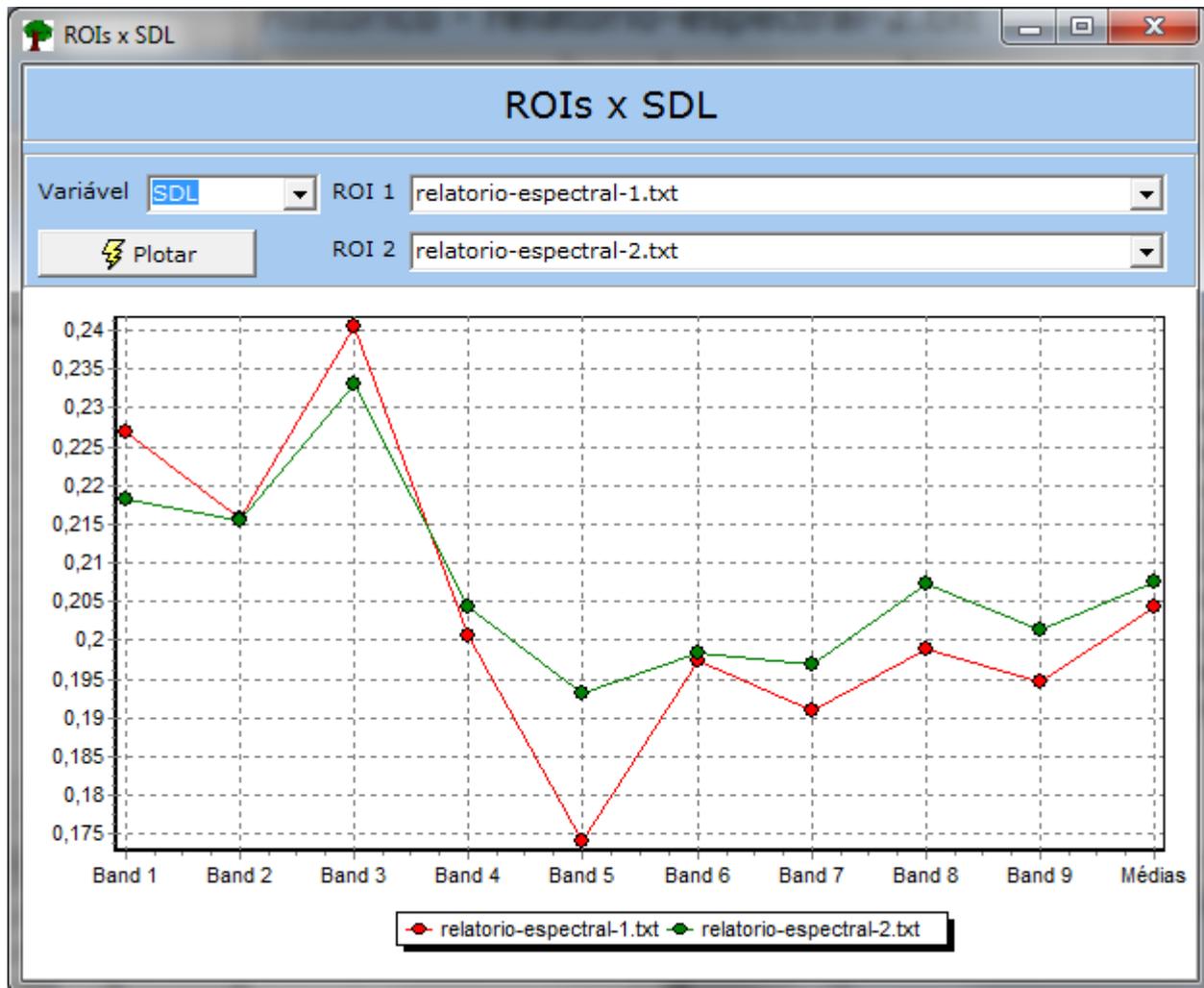


Figura 22. Gráfico comparativo entre SDLs de duas ROIs.

Dessa forma, o CompPlexus padroniza e agiliza o processo de cálculo dos valores de He/Hmax e SDL para uma série extensa de dados (ROIs), para que, posteriormente, possam ser realizados os cálculos estatísticos adequados para comparação de resultados, tais como análises de variância e de correlação. A partir desses valores, e levando em consideração dados de campo das áreas analisadas, pode-se tentar fazer inferências sobre como as características locais podem estar relacionadas aos padrões das imagens orbitais fornecidos pelos valores de complexidade obtidos nos cálculos feitos pelo programa CompPlexus.

Considerações finais

O software CompPlexus ainda está em desenvolvimento, mas seu desempenho demonstra que ele é uma solução produtiva e eficaz na análise da paisagem, permite traçar vários gráficos, calcular somatórios e fazer cálculos estatísticos pertinentes, que ajudam a visualizar os dados e o comportamento deles. Cálculos antes feitos em várias etapas usando Excel e MatLab são feitos de modo simplificado, rápido e com maior capacidade de visualização e análise com todas as variáveis (VEDOVATO et al. 2013). Funcionalidades como a filtragem de bandas e o filtro de valores de NPTS permitem observar o comportamento dos dados nos diferentes alvos.

Referências

MATTOS, S. H. V. L. de. **Complexidade dos padrões espaciais e espectrais de fitofisionomias de Cerrado no Estado de São Paulo**. 2010. 148 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas.

PIQUEIRA, J. R. C.; CAMPBELL-BORGES, Y. C. Extending SDL and LMC complexity measures to quantum states. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 392, n. 20, p. 5255-5259, oct. 2013.

PIQUEIRA, J. R. C.; MATTOS, S. H. V. L. de. Note on LMC complexity measure. **Ecological Modelling**, v. 222, p. 3603–3604, 2011. Short communication.

VEDOVATO, L. B.; VICENTE, L. E.; PAIM, F. A. de P.; PIQUEIRA, J. R. C.; MATTOS, S. H. V. L. de. CompPlexus: programa para avaliação de complexidade de padrões em imagens multiespectrais de sensores remotos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6727-6734. 1 CD-ROM.

VEDOVATO, L. B.; VICENTE, L. E.; PIQUEIRA, J. R. C.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; MATTOS, S. H. V. L. Landscape complexity analysis based on texture patterns and satellite image for a São Paulo's Cerrado site. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA DE PAISAGENS, 2.; SIMPÓSIO SCGIS-BR, 2., 2012, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, BA: IALE-BR, 2012b. 1 p.

VEDOVATO, L. B.; VICENTE, L. E.; PIQUEIRA, J. R. C.; PEREZ FILHO, A.; MATTOS, S. H. V. L. Assessment of complexity metrics applied to analysis of spectral patterns generated by Aster sensor. In: SYMPOSIUM SELPER, 15., 2012, Cayenne, French Guiana. **Abstracts...** Cayenne: SELPER, 2012a. 1 p.

VICENTE, L. E. **Caracterização de sistemas ambientais tropicais complexos utilizando análise sistêmica e classificação hiperespectral de dados do sensor ASTER (Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer)**. 2007. 209 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Unicamp Campinas.

Circular Técnica, 28

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Monitoramento por Satélite
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão, CEP 13070-115 Campinas, SP
Fone: (19) 3211-6200
Fax: (19) 3211-6222
E-mail: cnpm.sac@embrapa.br

1ª edição
Versão eletrônica (2013)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Cristina Criscuolo
Secretária-Executiva: Bibiana Teixeira de Almeida
Membros: Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann, Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade, Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos

Expediente

Supervisão editorial: Cristina Criscuolo
Revisão de texto: Bibiana Teixeira de Almeida
Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos
Editoração eletrônica: Shirley Soares da Silva