

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA

LUCAS REZENDE RANGEL

**Processamento de dados sísmicos de alta resolução da
Plataforma Sudeste Brasileira com o software Seismic Unix**

Niterói
2013

LUCAS REZENDE RANGEL

Processamento de dados sísmicos de alta resolução da Plataforma Sudeste Brasileira com o software Seismic Unix

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Programa de Graduação em Geofísica da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do título de Graduado.

Orientador: Dr. Cleverton Guizan Silva
Professor – UFF/LAGEMAR
Co-orientadora: Dra. Bernadette Tessier
Pesquisadora – CNRS/M2C

Niterói
2013

LUCAS REZENDE RANGEL

Processamento de dados sísmicos de alta resolução da Plataforma Sudeste Brasileira com o software Seismic Unix

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Programa de Graduação em Geofísica da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do título de Graduado.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva, UFF

Profa. Dra. Eliane da Costa Alves, UFF

Prof. Dr. Jose Antonio Baptista Neto, UFF

Niterói
2013

À minha família,
que sempre me deu muito apoio.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Cleverson Guizan Silva, pela orientação, dedicação, oportunidade, e a confiança em mim depositada para a realização deste trabalho.

A Universidade Federal Fluminense e ao LAGEMAR, pela estrutura fornecida e ao ambiente agradável e favorável à realização dos estudos.

À co-orientadora, Bernadette Tessier, por ter me recebido no CNRS de Caen, compartilhado seus conhecimentos, essenciais para a pesquisa, e proporcionado boas experiências.

Aos meus amigos da graduação, Ricardo Teixeira, Yan Borges, Marcela Meirelles, Júlia Correa e todos os demais da turma de 2008, pela amizade, cumplicidade, e por todos os momentos que ficarão guardados.

A todos os professores da graduação em geofísica do LAGEMAR por terem compartilhado seus conhecimentos e experiências.

À minha família pelo apoio, esforço e oportunidades proporcionadas ao longo destes anos.

E finalmente à CAPES, pela concessão da bolsa de estudo no exterior, que possibilitou a realização desta pesquisa.

Sumário

| | |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS..... | vii |
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| 1 Introdução..... | 10 |
| 1.1 Princípios da Sísmica Rasa..... | 11 |
| 1.2 Funcionamento do Sparker..... | 13 |
| 1.3 O Dado Sísmico..... | 14 |
| 2 O Seismic Unix..... | 15 |
| 2.1 O Script..... | 15 |
| 2.2 Iniciando no SU..... | 17 |
| 3 Pré-Processamento..... | 19 |
| 3.1 Importando o Dado SEG Y..... | 19 |
| 3.2 Edição dos Traços..... | 21 |
| 4 Processamento..... | 23 |
| 4.1 Mute..... | 23 |
| 4.2 Análise do Espectro de Frequência..... | 24 |
| 4.3 Filtro Passa-Banda..... | 27 |
| 4.4 Filtro Anti-Onda..... | 29 |
| 4.5 Correção de Amplitude..... | 31 |
| 5 Pós-Processamento..... | 35 |
| 5.1 Arquivo Formato PS..... | 35 |
| 5.2 Geração do SEG Y..... | 35 |
| 5.3 Arquivos Temporários | 35 |
| 5.4 Relatório de Processamento..... | 36 |
| 6 Conclusão | 37 |
| 7 Referências Bibliográficas | 38 |
| 8 Anexos..... | 40 |
| 8.1 Script do Programa..... | 40 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Equipamentos utilizados para visualização de sub-fundo. (Stoker et al.,1997)..... | 11 |
| Figura 2: Frequência, profundidade de penetração, e resolução vertical aproximada (R), típica de cada equipamento. (Stoker et al., 1997)..... | 13 |
| Figura 3: Equipamento Sparker SQUID 2000. Fonte: Applied Acoustics..... | 13 |
| Figura 4: Mapa de localização da linha sísmica utilizada..... | 14 |
| Figura 5: Exemplo da shell gerada | 16 |
| Figura 6: Demonstração do prompt de comando com o programa em uso | 17 |
| Figura 7: Apresentação do header do arquivo a partir do suedit | 20 |
| Figura 8: Perfil sísmico bruto da linha L3.d2-f2_013 | 21 |
| Figura 9: Perfil sísmico cortado em tempo | 22 |
| Figura 10: Perfil sísmico com o mute aplicado | 24 |
| Figura 11: Gráfico do espectro de frequência do dado | 26 |
| Figura 12: Gráficos da frequência por tempo dos traços 100,1000 e 2000, respectivamente | 26 |
| Figura 13: Configuração do filtro passa-banda. (Spyrakos et al., 2008)..... | 28 |
| Figura 14: Perfil sísmico após filtro passa-banda | 28 |
| Figura 15: Perfil sísmico após a aplicação do filtro anti-onda | 30 |
| Figura 16: Perfil sísmico final, após a correção de divergência esférica | 34 |
| Figura 17: Relatório do processamento | 36 |
| ANEXO 1: Script do Programa..... | 40 |

RESUMO

A sísmica rasa monocanal tem sido vastamente utilizada ao redor do mundo pelas universidades e empresas, devido ao baixo custo e facilidade da aquisição, apresentando um dado de alta resolução. No entanto, ainda nos dias de hoje, o dado proveniente da sísmica monocanal é interpretado em sua forma bruta, não passando normalmente por nenhum tipo de tratamento posterior à aquisição. O processamento deste tipo de dado ainda não é comum, tornando difícil o acesso a informação sobre o assunto. A partir de conhecimentos adquiridos sobre o processamento de dados de sísmica monocanal, foi gerado um script utilizando o pacote de programas Seismic Unix, capaz de tratar dados sísmicos segy de alta resolução, aplicando um fluxo de processamento sugerido, que consiste nas seguintes etapas : edição dos traços, mute na coluna d'água, análise do espectro, filtro passa-banda, filtro anti-onda e correção de amplitude.

Palavras-chave: processamento sísmico, sísmica monocanal, sísmica rasa e seismic unix.

ABSTRACT

Widely used worldwide, the monochannel seismic is a low cost method with a strong potential. Being used in universities and companies, this method is able to have a good penetration signal with an excellent seismic resolution. On the other hand, the seismic processing hasn't being well developed in this area, where until nowadays, this kind of data is usually interpreted without any processing after the acquisition. Based on the knowledge gotten in a internship done in France, the research was developed. A script able to treat the monochannel seismic data, was done using the package of programs, Seismic Unix. The processing job flow used for that, consist on the following steps: trace editing, muting, spectrum analysis, pass band filter, wave correction filter and amplitude correction.

Key-words: seismic data processing, shallow seismic, monochannel seismic and seismic unix.

1 INTRODUÇÃO

A sísmica rasa é utilizada vastamente por universidades e laboratórios de todo o mundo com funções acadêmicas, no âmbito do estudo dos ambientes deposicionais, e por empresas de serviços em estudo de sítios para instalação de estruturas submarinas.

Seus dados, apesar de apresentarem alta resolução, maior do que os da sísmica convencional, muitas vezes apresentam uma grande quantidade de ruídos (motor da embarcação, não compensação das ondas, ruídos aleatórios, etc...) que dificultam a visualização das feições geológicas.

O processamento de dados de sísmica rasa é um tema pouco abordado na literatura ainda hoje, tornando difícil, pela quase inexistência, encontrar fontes de estudo disponíveis. Em grande maioria, este tipo de dado é interpretado em sua forma bruta, sem passar por nenhum tipo de tratamento posterior à aquisição.

O presente trabalho teve início, a partir de um treinamento com a duração de 4 meses realizado com a Dra. Bernadette Tessier, no *Laboratoire de Morphodynamique Continentale et Côtière da Université de Caen Basse-Normandie*(França), onde foram obtidos os conhecimentos iniciais do software livre de processamento de dados sísmicos desenvolvido pelo *Center for Wave Phenomena da Colorado School of Mines* (Estados Unidos), denominado Seismic Unix (SU), e processamento de dados monocanal necessários para a pesquisa.

O objetivo do trabalho consistiu na realização de um script com o software Seismic Unix, capaz de tratar dados de alta resolução adquiridos com equipamentos Boomer, Sparker ou Chirp, a partir da aplicação de um fluxo de processamento sugerido.

O script gerado consiste em 3 fases principais: o pré-processamento, o processamento e o pós processamento. O fluxo de processamento sugerido, compreende as seguintes etapas: edição de traços, mute, análise do espectro de frequência, filtro passa-banda, filtro anti-onda e correção de amplitude. Estas etapas são responsáveis pela supressão, em parte, dos ruídos antes mencionados, possibilitando uma grande melhoria na qualidade de imagem do perfil sísmico, realçando feições geológicas antes não vistas.

1.1 Princípios da Sísmica Rasa

O sistema de aquisição sísmica consiste em uma fonte, que pode estar acoplada ao barco ou estar sendo rebocada por este, que produz um pulso sísmico com determinada frequência, energia e duração (Fig. 1)(Penrose *et al.*, 2005). Este pulso se propaga na coluna d'água, penetra o fundo do mar, onde parte da energia é refletida, e continua se propagando e refletindo onde encontra interfaces com impedâncias acústicas contrastantes.

A impedância acústica é a resistência imposta pelo material à propagação da onda, o que depende da densidade, ρ , e da velocidade da onda, V , neste(1). A interface entre duas camadas sedimentares com impedâncias acústicas contrastantes, se torna uma interface refletora, onde a quantidade de energia refletida por esta, se dá pelo seu coeficiente de reflexão, R , calculado a partir dos valores de impedância acústica, Z , das respectivas camadas(2).

$$Z = \rho \times V \quad (1)$$

$$R = (Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1) \quad (2)$$

Enfim, toda essa energia refletida volta à superfície do mar e é gravada por um transdutor, ou por uma enguia de hidrofones, onde a partir daí é gerada a imagem sísmica.

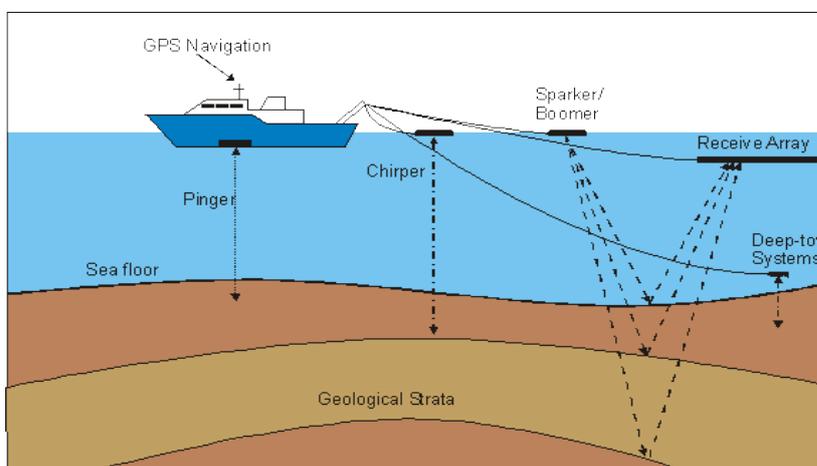


Figura 1: Equipamentos utilizados para visualização de sub-fundo (Stoker et al., 1997).

Abrangendo levantamentos com Boomer, Sparker ou Chirp, este método apresenta uma maior resolução quando comparado à sísmica convencional, e isto se deve à maior frequência contida em seu pulso sísmico, o que por outro lado, determina seu menor poder de penetração, uma vez que as altas frequências são rapidamente absorvidas pelas camadas superiores.

Apresentando somente um canal de recepção, a fonte e o receptor normalmente estão muito próximas, o que nos faz considerar o offset deste dado igual a 0.

O fato de ser um método de custo operacional relativamente baixo e de fácil aquisição, o tornou popular e vastamente utilizado por universidade e laboratórios, com aplicações no âmbito acadêmico. Por parte das empresas, este é aplicado em serviços relacionados a estudo de área para a instalação de estruturas submarinas.

A resolução deste método está diretamente relacionada à frequência emitida pela fonte acústica, onde maiores frequências resultam em maiores detalhes (Fig. 2) (Stoker *et al.*, 1997). Isto ocorre pelas altas frequências apresentarem menores comprimentos de onda, o que as torna mais sensíveis à camadas menos espessas. No entanto, as altas frequências são rapidamente absorvidas pelas camadas superiores, o que faz com que a atenuação e a penetração do sinal sísmico nas camadas de subsuperfície sejam inversamente proporcionais à frequência do sinal.

Aumentar a energia do sinal é uma solução para atingir maiores profundidades com alta resolução, no entanto, em áreas onde o fundo marinho é composto por cascalho, areia muito compactada ou se encontra muito raso, resultará em uma forte múltipla e mais ruído no dado (McQuillan *et al.*, 1984).

Apesar do dado de sísmica rasa apresentar alta resolução muitas vezes torna-se impraticável a sua visualização devido à grande quantidade de ruídos, sendo necessário algum tipo de tratamento pós-aquisição (Gomes *et al.*, 2011). Estes ruídos são provenientes de fatores como o motor da embarcação, o ambiente, a não compensação das ondas, a fonte (efeito bolha) e a múltipla.

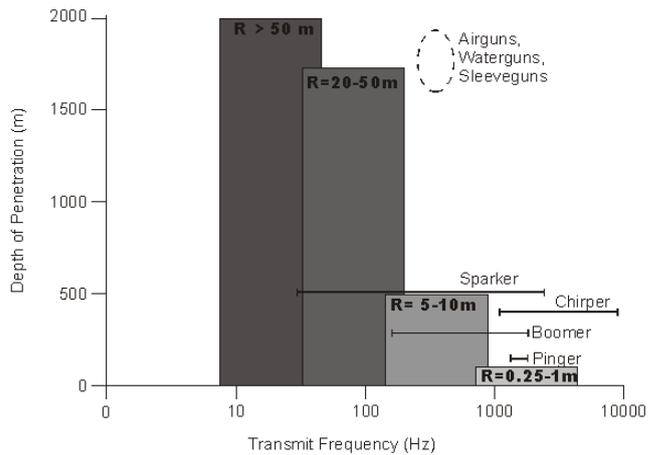


Figura 2: Frequência, profundidade de penetração, e resolução vertical aproximada (R), típica de cada equipamento (Stoker et al., 1997).

1.2 Funcionamento do Sparker

O sistema Sparker (Fig. 3), funciona a partir do princípio de arco elétrico. Onde a partir da liberação de uma descarga de energia nos eletrodos que compõem o equipamento, um arco elétrico é formado entre os eletrodos de polaridades opostas, ocasionando a vaporização instantânea da água presente entre eles (Trabant 1984). Uma bolha de ar é formada no mar decorrente da vaporização, se colapsando e gerando assim o pulso acústico.

O sinal acústico emitido pelo Sparker, compreende frequências de 50Hz-4kHz, apresenta uma resolução maior que 2 metros e pode atingir profundidades maiores que 200 metros, dependendo da energia aplicada na aquisição.



Figura 3: Equipamento Sparker SQUID 2000 fonte: Applied Acoustics

1.3 O Dado Sísmico

O arquivo utilizado para exemplificar o funcionamento do programa, foi a linha L3.d2-f2_013, adquirida no ano de 2012 durante a missão Rio Costa 3, ao largo da costa do Rio de Janeiro (Fig. 4), à bordo do Navio Ocean Stalwart, contratado pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, com recursos do Programa de Levantamentos de Recursos Minerais Marinhos, o projeto REMPLAC. O equipamento utilizado na aquisição foi o sparker SQUID 2000, pertencente à CPRM e operado por equipe do LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense.

O dado sísmico, foi adquirido em formato CODA e posteriormente convertido para segy, apresentando 2672 traços, espaçados aproximadamente a cada 2 metros, uma taxa de amostragem de 51 microssegundos, 19456 amostras por traço e o posicionamento gravado em arco de segundo.

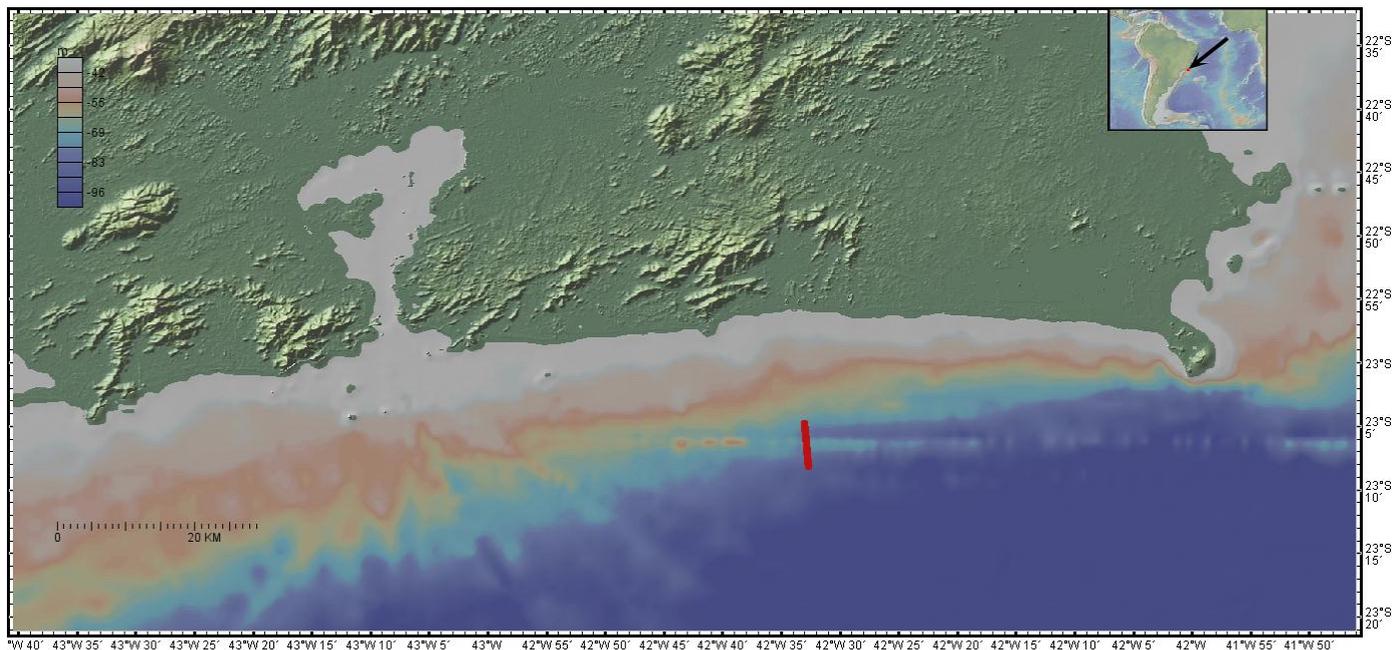


Figura 4: Mapa de localização da linha sísmica utilizada, em vermelho. Fonte: Base de dados do programa GeoMapApp

2 O SEISMIC UNIX

Idealizado inicialmente por Einar Kjartansson nos anos 70, até então aluno de graduação na Jon Claerbout's Stanford Exploration Project, e com o nome de SY, o pacote hoje conhecido como SU foi apresentado à vários pesquisadores, só sendo levado para o *Center for Wave Phenomena* da *Colorado School of Mines* (CWP) em 1986 por Shuki Ronen.

O pacote de processamento sísmico Seismic Unix é disponibilizado pelo CWP e conta com a contribuição de diversos pesquisadores desde as últimas duas décadas, sendo um grande projeto que está sempre sendo atualizado, com a implementação de novos programas e possibilidades para os usuários, tendo triplicado nos últimos 11 anos o montante de linhas de códigos.

O SU foi feito com base nos códigos de Linux, sendo assim rodado somente em terminal Unix, e por isso executando scripts gerados em formato *Bourne Shell* (sh) ou *Bourne-again Shell*(bash), com linguagem Linux e as rotinas inseridas no pacote.

O pacote oferece uma gama de recursos para o processamento de dados de sísmica rasa, assim como para o processamento de dados de sísmica convencional, sendo sempre atualizado, e mais recentemente apresentando uma extensão para Windows, o Visual_SUNT.

2.1 O Script

A partir do conhecimento adquirido no software seismic unix e no processamento de dados de sísmica monocanal, foi elaborado um script em SU com a finalidade de tratar este tipo de dado, uma vez que na literatura quase inexistente sobre o assunto, foi possível encontrar somente poucos fluxos de processamento para sísmica monocanal e sendo estes realizados em softwares pagos. Tendo sido esta a principal motivação deste trabalho, a realização não só do fluxo de processamento, como o script em um software livre como o Seismic Unix, possibilitando o livre acesso para os interessados em utilizá-lo.

O programa consiste em um script composto por rotinas do SU e comandos do Linux (Fig. 5), que possibilita tratar dados de sísmica monocanal adquiridos com equipamentos Boomer, Sparker ou Chirp, através da aplicação do fluxo de processamento sugerido, além de gerar imagens formato ps do perfil processado.

Tendo em vista a praticidade na utilização do programa, este foi feito de maneira interativa (Fig. 6). Isto significa, que quando funcionando, o programa pede ao usuário os parâmetros necessários para efetuar cada etapa do fluxo, dando a ele a opção da visualização do resultado e de reinserir os parâmetros, até que estejam adequados, como ocorre na definição das margens do filtro passa banda. Este recurso, facilita a utilização do programa e otimiza o processamento do dado, por não necessitar que o usuário saia do programa para mudar os parâmetros diretamente no script. Isto foi possível, através da utilização de recursos de programação como o “laço for” e o “*case in*” para fazer os loops, e os comandos de Linux “> /dev/tty” e “*read*” que reconhecem os inputs digitados pelo usuário.

```

progfinal  [ *liste_bg
echo .....
echo '
echo 'Aplicação do Filtro Passa-Banda '
echo 'Seu perfil precisa deste filtro? (s/n) '
echo '
echo .....

> /dev/tty
read chouse1

case $chouse1 in

s)
ok=false
while [ $ok = false ]

do
echo .....
echo '          Filtro Passa-Banda '
echo '
echo '
echo 'Digite as 4 margens desejadas para o Filtro Passa-Banda'
echo 'Exemplo: 100,200,2500,4000 '
echo '
echo .....
> /dev/tty
read freq
echo 'Frequências utilizadas no filtro passa-banda: $freq Hz ' >> relatório_$data.dat
su/filtrer < SU/mute.su fa$freq amps=0,1,1,0 > SU/filtrado.su
echo .....
echo '
echo 'Visualização do Perfil Filtrado '
echo '
echo .....
suximage < SU/filtrado.su bclip=1000 wclip=0 legend=1 title="Perfil Filtrado $data" label1="tempo(s)" label2="Numero de Tracos "
echo '
echo '
echo 'A filtragem foi satisfatória?(s/n) '

```

Figuras 5: Exemplo da shell gerada.

```

Aplicação do Filtro Passa-Banda
Seu perfil precisa deste filtro? (s/n)
-----
s
-----
                Filtro Passa-Banda

Digite as 4 margens desejadas para o Filtro Passa-Banda
Exemplo: 100,200,2500,4000
-----
280,300,600,620
-----

Visualização do Perfil Filtrado
-----
XIO: fatal IO error 11 (Resource temporarily unavailable) on X server ":0"
      after 913 requests (913 known processed) with 0 events remaining.
-----

A filtragem foi satisfatória?(s/n)
-----
s
-----

```

Figura 6: Demonstração do prompt de comando com o programa em uso.

2.2 Iniciando no SU

Diferente da plataforma Windows, quando estamos trabalhando em Linux com o SU, todos os arquivos necessários aos programas são chamados por comandos no script, o que faz com que seja essencial sabermos onde cada um se localizam. Com o intuito de organizar e facilitar o manejo destes, dentro da pasta raiz onde foi instalado o SU, foram criadas pastas que correspondem a terminação dos arquivos, são estas: SEGY, SU, PS, MUTE e SEGY_tratado. Estas pastas são fontes e ao mesmo tempo destinos dos arquivos utilizados pelos programas SU contidos no script.

Os arquivos a serem processados devem estar dentro da pasta SEGY, assim como o script deve estar dentro da pasta raiz do SU quando iniciado.

O pacote de programas SU, como o próprio nome já diz, apresenta uma gama de programas dentro dele. Todos eles apresentam o prefixo su no nome, como, *suwind*, *sufilter*, *sugabor*, e cada um deles necessita de alguns parâmetros adequados para funcionar. Quanto à visualização do dado sísmico, o SU possui os programas com o prefixo sux, como, *suximage*, que apresenta a imagem do perfil sísmico, e o *suxwigg*, que plota os traços sísmicos do dado.

A formação do script em shell, se dá primeiramente pela inserção do código “#!/bin/sh” no início da página, o que faz com que o sistema reconheça o arquivo como um shell. Posteriormente, fazendo a utilização dos programas do pacote SU no script, foi possível gerar um programa maior, que engloba diversos processos de uma só vez.

A iniciação do programa se dá diretamente pelo prompt de comando, onde uma vez iniciado, o usuário seguirá as orientações que irão aparecer na tela e irá inserir os parâmetros requisitados, tratando assim o dado de forma contínua e intuitiva. O input do arquivo a ser processado é feito apenas digitando o nome correto do arquivo, o que inclui seu formato segy ou sgy.

3 PRÉ-PROCESSAMENTO

3.1 Importando o dado SEG Y

O Seismic Unix trabalha com arquivos su, seu formato interno. No entanto, primeiramente foi necessária a conversão do dado SEG Y para o formato interno do software, o que foi feito com os programas *segypread* e *segyclean*.

```

echo '-----'
echo "
echo ' Digite o nome correto do arquivo segy a ser tratado '
echo "
echo '-----'

> /dev/tty
read data

echo '-----'
echo "
echo ' Agora insira os seguintes parâmetros necessários, separados somente por espaço:'
echo "
echo ' Número do primeiro traço, Número do último traço do perfil e Número total de traços/100 '
echo ' Exemplo : 1 2672 26,72 '
echo "
echo '-----'

> /dev/tty
read tracmin tracmax wbox

segypread tape=SEG Y/$data endian=0 key=fldr trmin=$tracmin trmax=$tracmax | segyclean >
SU/$data.su

```

A importação dos dados é uma das etapas que requer mais atenção para que não haja o comprometimento do processamento posteriormente, uma vez que nela definimos parâmetros essenciais da aquisição que por muitas vezes vêm errados do campo, e devem ser corrigidos pois estes serão utilizados pelos programas que compoem o fluxo.

Esses parâmetros podem ser verificados de uma forma geral utilizando os programas *suedit* (Fig. 7) e *surange*, que apresentam o header do arquivo, ou de forma detalhada com o *sugethw* que mostra os parâmetros escolhidos traço por traço.

```
suedit < SU/$data.su
```

```

-----
Embaixo se encontra o header do arquivo, para prosseguir aperte a tecla q
-----
suedit: ! examine only (no header editing from STDIN)
2672 traces in input file
trac1=2672 tracr=2672 fldr=2672 tracf=2672 cdpt=1 trid=1
duse=1 scalel=-100 scalco=-1000 sx=-156504609 sy=-81839725 gx=-156504609
gy=-81839725 count=2 swevel=1500 ns=19456 dt=51 gain=1
lgc=1 corr=1 styp=4 tatyp=4 afile=19652 year=2012
day=67 hour=17 minute=3 sec=59 timbas=1 otrav=2
> █

```

Figura 7: Apresentação do header do arquivo a partir do suedit.

No caso do dado sísmico monocanal os parâmetros mais importantes a serem verificados e corrigidos são os chamados: *trac1*, *tracr*, *tracf*, *fldr*, *dt*, *ns*, *sx* e *gx*.

Onde:

trac1= Número dos traços em sequência

fldr= Número de gravação do tiro

dt= Intervalo de amostragem em microsegundos

ns= Número de amostras por traço

gx= Posição do Tiro

sx= Posição do Receptor

Sendo para a sísmica monocanal: *trac1*=*tracr*=*tracf*=*fldr* e *gx*=*sx*. Estes podem ser corrigidos com a utilização dos programas *sushw* e *suchw*.

3.2 Edição dos Traços

Na sísmica monocanal por muitas vezes o tempo de gravação é maior do que o necessário, fazendo com que a partir de uma certa profundidade, o perfil apresente baixíssima razão sinal/ruído ou certas vezes somente ruído. Devido a este fato, é necessário fazer a edição dos traços, cortando o perfil em tempo até o limite onde conseguimos visualizar feições geológicas significativas.

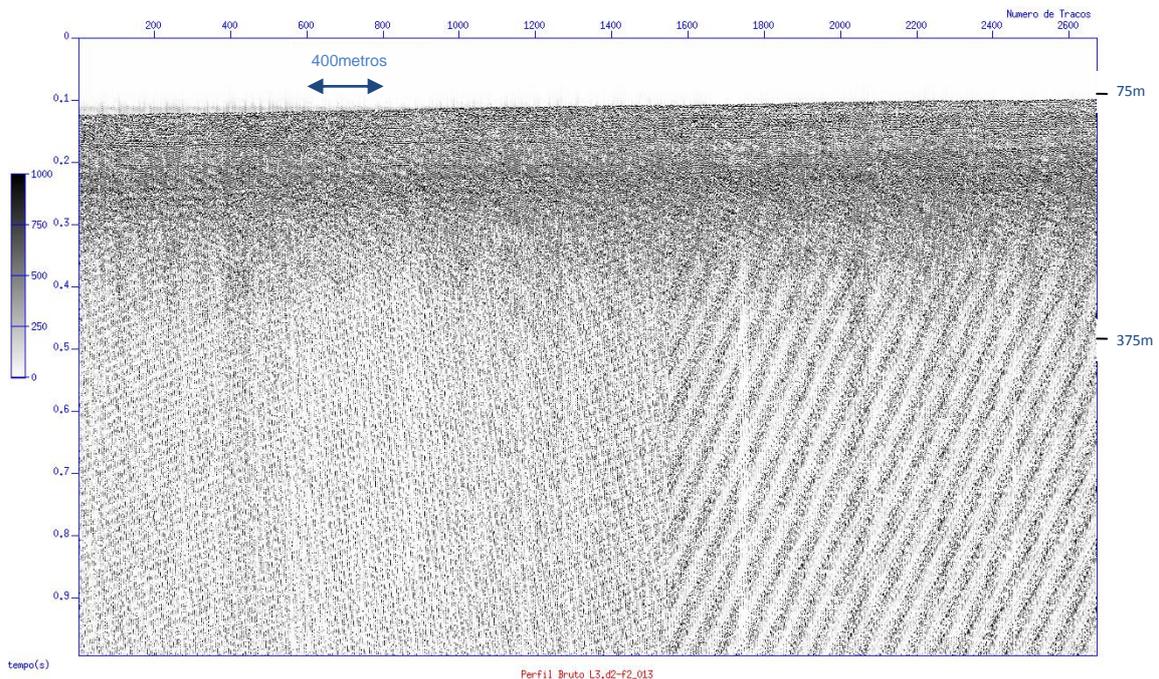


Figura 8: Perfil sísmico bruto da linha L3.d2-f2_013

Neste perfil (Fig. 8), tivemos a gravação do dado até 0.9 segundos, porém podemos ver que a relação sinal/ruído só é adequada até 0.3 segundos. No entanto, para cortar o perfil em tempo foi utilizado o programa *suwind*. Para definir a janela em tempo em que o perfil será cortado, é necessário como input para o programa, o tempo mínimo, *tmin*, e o tempo máximo, *tmax*, do corte.

```
suwind < SU/$data.su tmin=$min tmax=$max > SU/cortado.su
```

```
suximage < SU/cortado.su key=trac1 bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil Cortado $data "  
label1= "tempo(s)" label2= " Numero de Tracos "
```

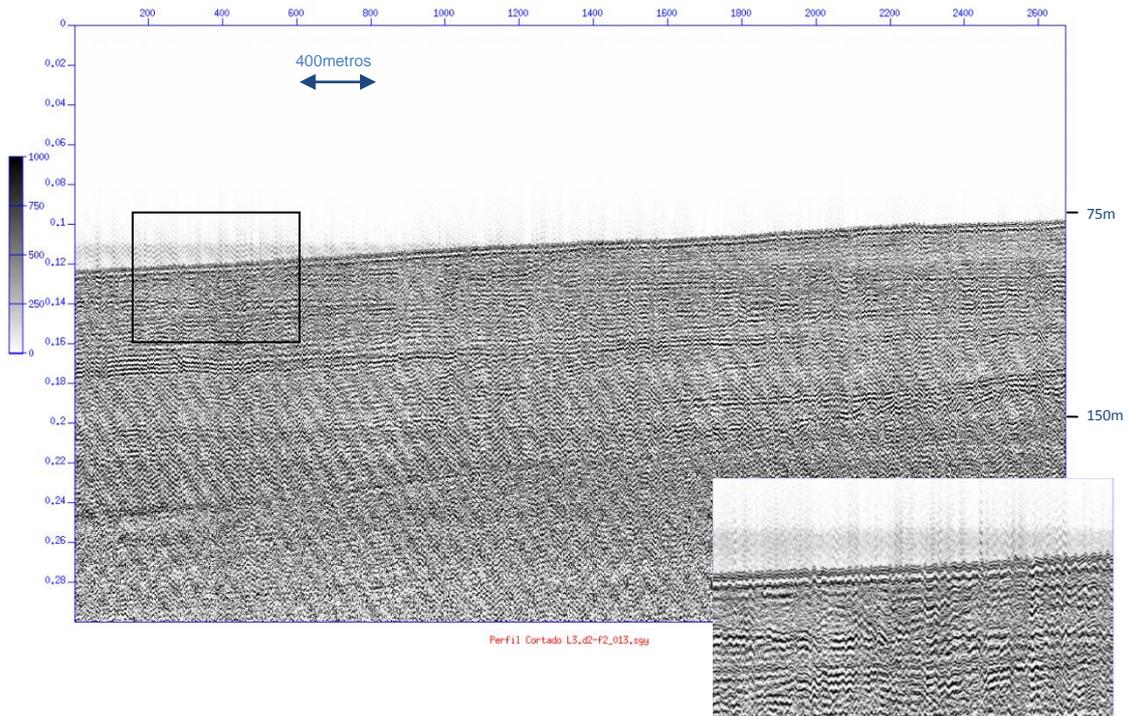


Figura 9: Perfil sísmico cortado em tempo.

Foi destacada a área demarcada com um retângulo no perfil (Fig. 9), por esta apresentar a feição geomorfológica de um paleocanal, com o intuito de demonstrar com mais detalhe o resultado do processamento no decorrer das etapas, onde este será visualizado com mais clareza.

4 PROCESSAMENTO

4.1 Mute na coluna d'água

A aplicação do mute tem 2 funções no fluxo de processamento sugerido. Primeiramente ele é aplicado para eliminar qualquer tipo de ruído inerente à coluna d'água (Fig. 10), como ruídos ambientais e ruídos da embarcação, uma vez que em dados de sísmica monocal é muito comum termos este tipo de interferência. Porém, secundariamente, a janela em tempo do mute aqui definida será utilizada pelo programa de correção do efeito das ondas para reconhecer o fundo do mar, como será explicado a frente.

```
suximage bclip=1000 wclip=0 < SU/cortado.su key=fldr mpicks=MUTE/mute_$.dat
```

A partir da visualização do perfil a ser cortado(mute) conforme o comando acima , definimos a janela de tempo que será aplicada, digitalizando o fundo do mar. Esta tarefa é feita apertando a tecla “s”, sempre acima do refletor e tomando cuidado para não cortá-lo, sendo aconselhável fazer um ponto fora do perfil em seu início e fim. Ao término da digitalização deve se apertar a tecla “q”. Esta digitalização é possibilitada pelo comando mpicks que gera um arquivo dat, que contém as informações da janela de tempo determinada. Definida a janela, o arquivo dat necessita ser transformado em formato par para que possa ser aplicado no nosso dado em su pelo programa *sumute*.

```
mkparfile < MUTE/mute_$.dat string1=tmute string2=xmute > MUTE/mute.par
```

```
sumute < SU/cortado.su key=fldr par=MUTE/mute.par > SU/mute.su
```

```
suximage bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil Mute $data " label1="tempo(s)" label2="
Numero de Tracos " < SU/mute.su
```

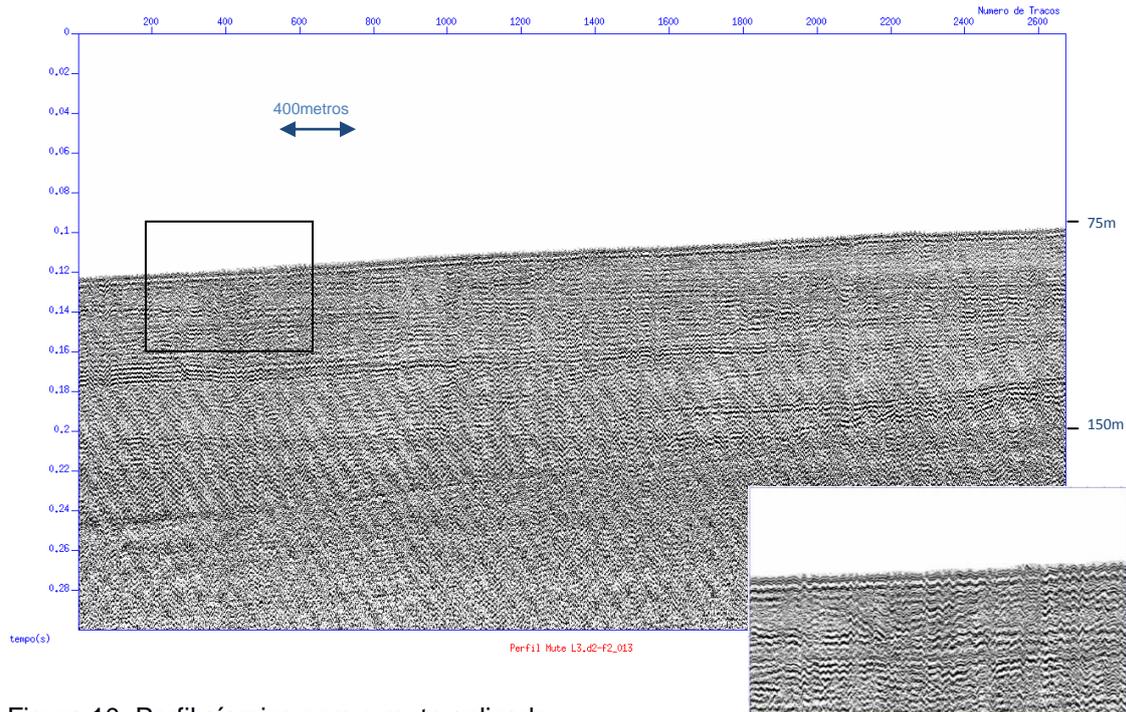


Figura 10: Perfil sísmico com o mute aplicado.

4.2 Análise do Espectro de Frequência

A visualização do espectro de frequência é essencial para a definição dos parâmetros que serão aplicados na próxima etapa do fluxo, o filtro passa banda.

Esta análise pode ser feita de diversas maneiras no SU, no entanto, o método encontrado para fazer esta análise da melhor maneira no perfil consistiu em 2 passos e fez a utilização de 5 programas principais: *suwind*, *sufft*, *suamp*, *suxgraph* e *sugabor*.

O primeiro passo consiste na preparação dos inputs para os programas de análise. Isto foi feito com a utilização do *suwind*, primeiramente amostrando o perfil a cada 500 traços, tendo como resultado um arquivo temporário com um total de 10 traços que se distribuem ao longo de todo o perfil. Este arquivo será o dado de entrada para o *sufft*. Além deste, foram gerados outros 3 arquivos a partir de amostragem de traços no início, meio e fim do perfil, contendo um traço cada, que servirão de input para o *sugabor*.

```

suwind < SU/mute.su key=fldr j=500 > SU/cortadotemp.su

sufft < SU/cortadotemp.su | suamp mode=amp | suxgraph style=normal

echo '-----'
echo "
echo 'Digite o número de um traço, para a visualização de seu espectro de frequência x tempo'
echo "
echo '-----'

> /dev/tty
read traco
echo " Gráfico do traço: $traco " >> relatório_$.dat

suwind < SU/mute.su key=tracl min=$traco max=$traco > SU/tracos.su

sugabor < SU/tracos.su > SU/gabor.su

suximage < SU/gabor.su legend=1 title=" Gabor traco $traco " label1="tempo(s)" label2="
frequência(Hz) "

```

O programa *sufft*, utiliza a transformada de Fourier (3), onde esta é responsável pela conversão do traço do domínio do tempo para o domínio da frequência, e quando utilizado em paralelo com o *suamp*, que tem como output as amplitudes do dado, o *suxgraph* nos permite a visualização do gráfico de frequência x amplitude do input (Fig. 11).

O programa *sugabor*, nos apresenta como output os traços em frequência x tempo (Fig. 12), nos dando as ferramentas necessárias para a definição da banda de frequência que será utilizada no filtro.

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \exp(-i\omega t) dt, \quad (3)$$

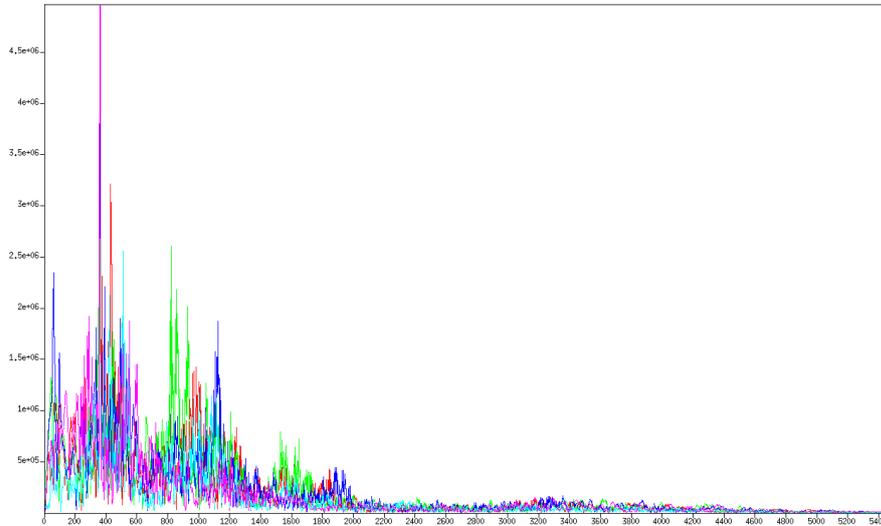


Figura 11: Gráfico do espectro de frequência.

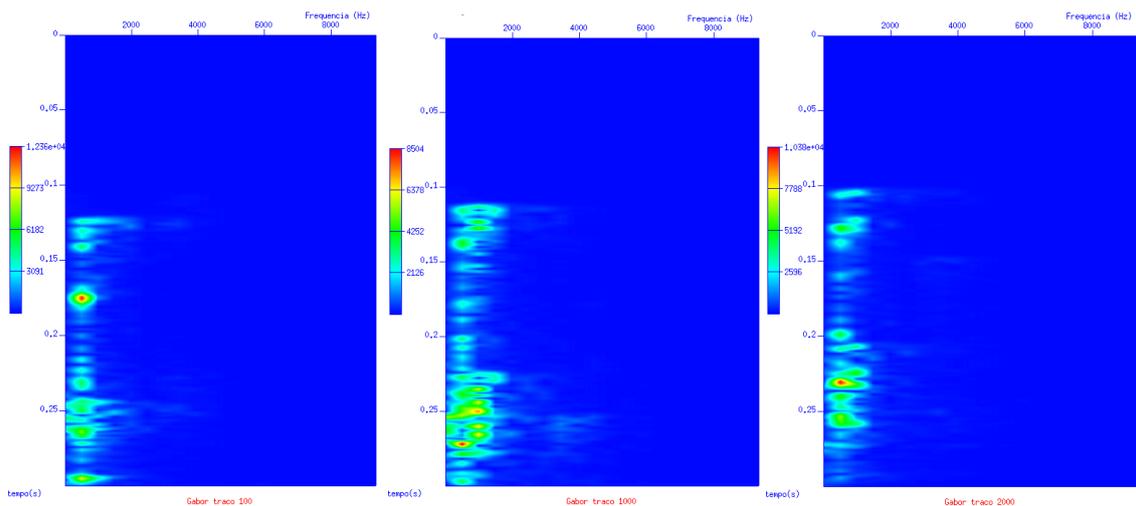


Figura 12: Gráficos da frequência por tempo dos traços 100,1000 e 2000, respectivamente.

A partir da análise gráfica do espectro de frequência, foi visto primeiramente, uma forte presença de ruídos de baixíssima frequência, assim como, de alta frequência, facilmente detectados por estarem fora da banda de frequência emitida pelo equipamento fonte utilizado. Secundariamente, foi analisado o formato do espectro de frequência, onde chegou-se a conclusão que o sinal se concentra na faixa de frequência que vai de 280 à 620 Hz, tendo seu pico em 400 Hz. Foi interessante observar que no perfil gerado pelo *sugabor*, foi possível ver claramente a presença da múltipla e sua frequência, por volta de 0,25s. O fato da múltipla

apresentar a mesma frequência do sinal e da reflexão do fundo marinho, torna mais difícil a sua retirada do dado.

4.3 Filtro Passa Banda

A filtragem de frequências fase zero ,pode ser feita através de filtros chamados: passa-alta, passa baixa, rejeita banda e passa banda. No entanto, neste tipo de dado, é comum a presença tanto de baixas frequências, associadas ao ruído da embarcação, quanto de altas frequências , provenientes de ruídos ambientais. Para suprimir ambos os ruídos agregados ao dado, optamos pelo filtro passa-banda, pois com este podemos definir a banda de frequência que nos interessa, cortando assim as demais.

O desenho do filtro passa banda é trapezoidal e é feito a partir da definição de 4 frequências limitantes (Fig. 13). Esta definição é feita visualmente através da análise gráfica, como apresentado na etapa anterior. No dado exemplo, vimos que o sinal se concentra na banda de frequência que vai de 280 à 620 Hz, onde geramos um filtro com os parâmetros : 280 Hz, 300 Hz, 600 Hz e 620 Hz.

No programa, esta etapa é realizada com a utilização do programa *sufilter*, cabendo ao usuário inserir os 4 inputs de frequência, e refazer o desenho de seu filtro caso o resultado final da filtragem não seja satisfatório.

```

echo '-----'
echo '      Filtro Passa-Banda      '
echo "
echo ' Digite as 4 margens desejadas para o Filtro Passa-Banda'
echo ' Exemplo: 100,200,2500,4000 '
echo "
echo '-----'
> /dev/tty
read freq
echo " Frequências utilizadas no filtro passa-banda: $freq Hz " >> relatório_$data.dat

sufilter < SU/mute.su f=$freq amps=0,1,1,0 > SU/filtrado.su

suximage < SU/filtrado.su bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil Filtrado $data " label1=
"tempo(s)" label2= " Numero de Tracos "

```

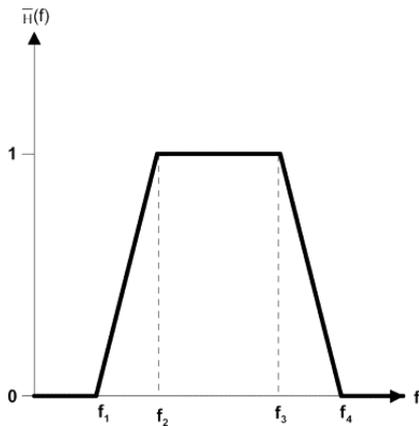


Figura 13: Configuração do filtro passa-banda (Spyrakos, et al., 2008).

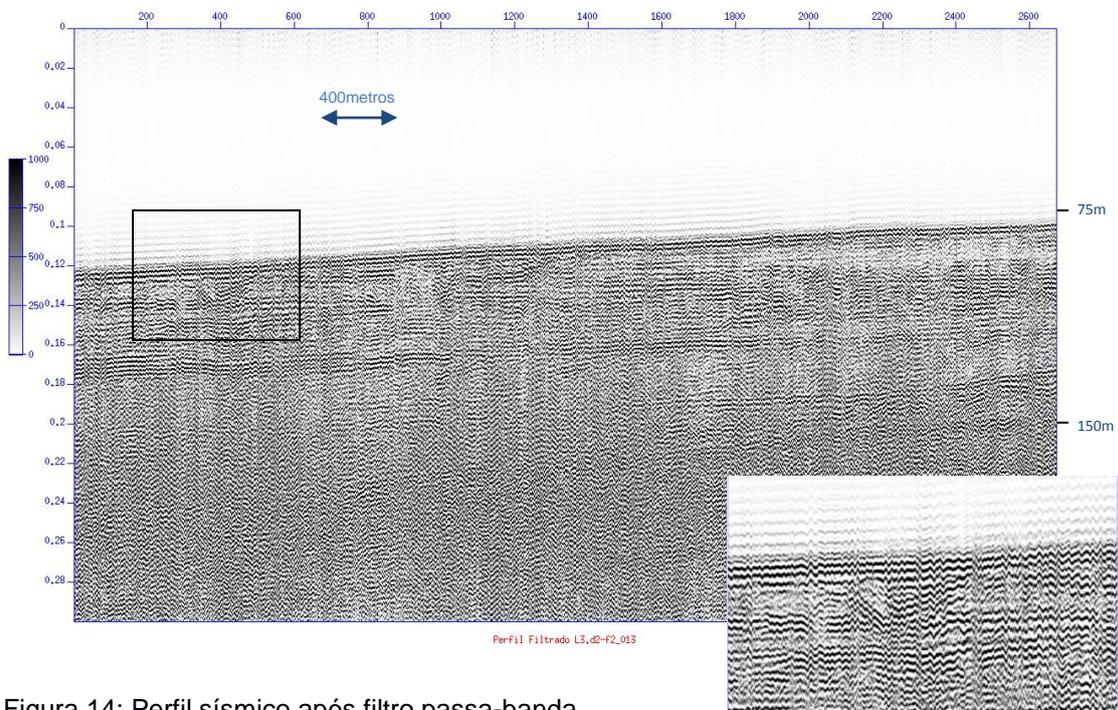


Figura 14: Perfil sísmico após filtro passa-banda

Após a aplicação do filtro (Fig. 14), percebe-se que houve uma grande eliminação dos ruídos de alta frequência que permeavam o perfil, assim como os de baixa frequência, limpando a imagem e realçando os principais refletores. No entanto, nota-se que aparece um efeito na coluna d'água parecido com o de reverberação do sinal no fundo do mar.

4.4 Filtro Anti-Onda

A configuração da aquisição de dados de sísmica monocanal faz com que, por muitas vezes, seja necessária a compensação do efeito das ondas. Isto se deve, por aspectos técnicos, ao fato do equipamento fonte, assim como o receptor, se encontrarem boiando na superfície do mar, acompanhando a ondulação. O fato do equipamento estar em movimento vertical durante a aquisição, influencia na distância percorrida pelo pulso sísmico no seu trajeto de ida e volta, mesmo quando os refletores estão dispostos em plano paralelos, gerando assim uma descontinuidade lateral no perfil, o que prejudica muito a qualidade da imagem sísmica.

No entanto, fazendo uma comparação com a estática aplicada à sísmica convencional, esta etapa do processamento só se faz necessária quando a aquisição se deu em um relevo acidentado, ou seja, com significativa presença de ondas. Normalmente, em aquisições realizadas em lagos, lagunas ou até mesmo baías, que apresentam ambientes calmos, este filtro não é utilizado.

O dado exemplo, se deu em condições de mar agitado, o que proporcionou o devido problema, e conseqüentemente, distorção da imagem sísmica, dificultando a compreensão das estruturas geológicas no perfil bruto.

Por não constar dentro do pacote de programas do SU, o recurso do filtro anti-onda aplicado no trabalho, foi adquirido com a Dr. Bernadette Tessier durante o estágio. A aplicação deste é feita no script através dos programa *suvague* e *sufinal*.

```
echo '-----'
echo ' Insira um valor de 1000-1500 para o parâmetro Seuil '
echo '-----'

> /dev/tty
read key4
echo " Valor do parâmetro seuil: $key4 " >> relatório_$data.dat

suvague < SU/filtrado.su seuil=$key4 sparker=1 mean=10 | sufilter f=0,20 amps=1,0 | sustrip >
vag.fcn

sufinal < SU/filtrado.su file=vag.fcn seuil=$key4 > SU/filtradoonda.su

suximage bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil Anti-Onda $data " label1="tempo(s)" label2="
Numero de Tracos " < SU/filtradoonda.su
```

O programa *suvague* é responsável por reconhecer a superfície distorcida do fundo do mar, fazendo para isto, uso da mesma janela de tempo anteriormente definida para a aplicação do mute, tendo então como input um valor para o chamado *seuil*, normalmente variando de 1000 à 1500, que serve de parâmetro indicador da profundidade.

Após o reconhecimento da superfície, o programa *sufinal* é utilizado para criar uma função capaz de corrigir a estática dos traços, gerando o arquivo função chamado *vag.fn*. Este arquivo, é posteriormente aplicado ao dado su através do programa *sufinal*, tendo como input o valor que significa se o dado é proveniente de Boomer ou Sparker, sendo 1 para Boomer e 0 para Sparker.

É importante antes da aplicação deste filtro, analisar todo o perfil à procura de traços que apresentam muito ruído, pois após a utilização desta etapa em diversos perfis durante a pesquisa, constatou-se que estes tipos de traço atrapalham o programa *suvague* a reconhecer a “verdadeira” superfície do fundo do mar, gerando um mau funcionamento, que como consequência distorce o perfil. Para excluir os demais traços do perfil utilizamos o programa *sukill*, que tem como input o número do primeiro e do último traço a serem excluídos. No entanto, para se excluir um traço por vez, o número do primeiro e do último traço devem ser iguais, caso contrário o programa excluirá uma sequência de traços limitada por estes.

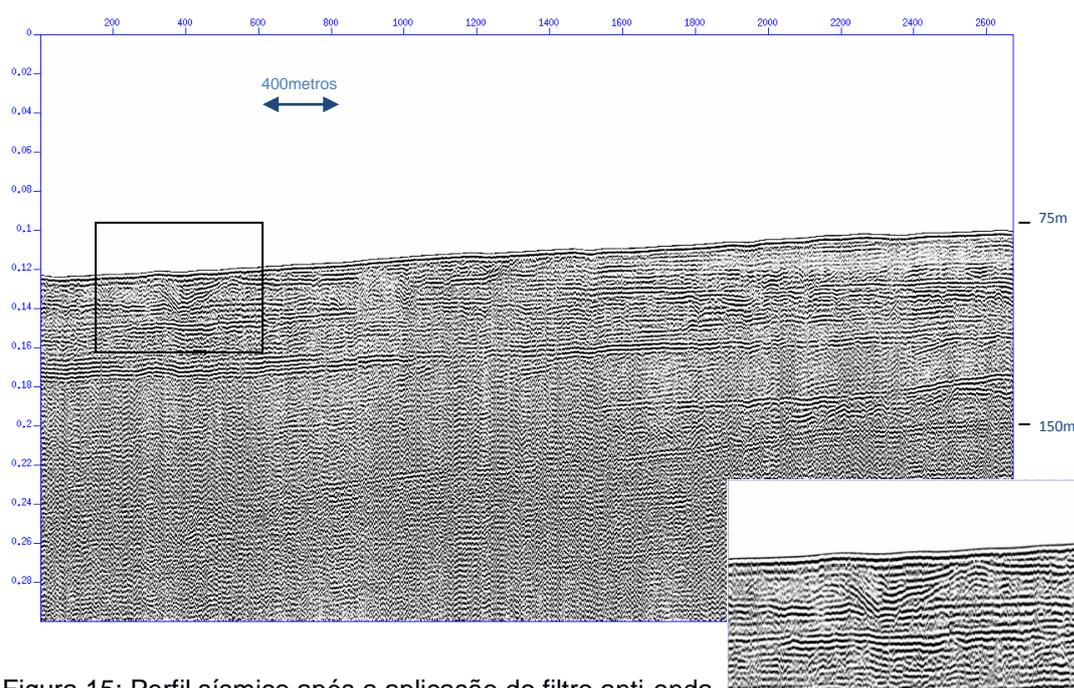


Figura 15: Perfil sísmico após a aplicação do filtro anti-onda

Como resultado da aplicação do filtro (Fig. 15), o ruído presente na coluna d'água gerado após a aplicação do filtro passa-banda, foi totalmente retirado. Vemos principalmente o enorme ganho de qualidade da imagem sísmica, uma vez que as interfaces, devido à correção, se apresentam mais bem definidas e com continuidade lateral, possibilitando assim a interpretação de refletores antes indefinidos, tendo uma imagem mais limpa.

No entanto, ao longo deste perfil podemos ver a presença de faixas verticais esbranquiçadas, o que pode estar relacionado com a presença de gás nas camadas ou pelo fundo do mar nesta região apresentar um sedimento com maior índice de reflexão, como areia muito compactada, gerando uma perda de energia do sinal sísmico, reduzindo a amplitude deste.

4.5 Correção de Amplitude

O pulso sísmico emitido pela fonte, perde energia ao se propagar nas camadas em subsuperfície, o que interfere diretamente na diminuição da amplitude do sinal. Isto se deve à dois fatores principais: o espalhamento esférico e a absorção.

À medida que a frente de ondas se propaga em profundidade, seu raio (r) aumenta, o que proporcionalmente reduz a energia do pulso sísmico devido ao espalhamento desta energia antes concentrada, que conseqüentemente ocasiona na diminuição da amplitude do pulso, gerando o chamado espalhamento esférico.

Por outro lado, a propagação do pulso em meio elástico, gera um atrito entre os grãos que compõem as camadas percorridas, o que faz com que parte da energia mecânica contida na frente de ondas se transforme em calor e se dissipe, ocasionando também perda de energia do sinal.

Na aquisição sísmica monocanal, é comum presenciarmos também a baixa penetração do sinal sísmico devido à presença de areias mais compactadas ou cascalho no fundo marinho. Estes materiais por apresentarem alto índice de reflexão, fazem com que o sinal sísmico emitido seja em boa parte refletido de volta, diminuindo assim a intensidade do sinal penetrante e conseqüentemente a profundidade de investigação no local.

No que tange o processamento sísmico, operações como a passagem de filtros, também acabam por prejudicar o espectro de amplitude do sinal, como pôde-se perceber no dado exemplo.

Devido a todos esses efeitos prejudiciais ao dado durante a aquisição e pós aquisição, existe a necessidade de realizar o balanceamento espectral, ou correção de amplitude, para de certa forma cancelar estes efeitos e equalizar o sinal ao longo do perfil. No dado exemplo, foi feito o uso da correção de divergência esférica, justamente para corrigir o efeito de espalhamento esférico descrito acima, o que se mostrou como o melhor resultado dentre os outros testados. Esta aplicação foi feita com a utilização do programa *sudivcor*, que tem como input a velocidade de propagação no meio, *vrms*, onde neste caso, por se tratar de um sedimento arenoso, ainda com grande presença de água, foi utilizada a velocidade de 1500m/s.

No entanto, a partir da implementação de um script de ganho adquirido no livro *Seismic Data Processing with Seismic Unix* da *Society of Exploration Geophysicists* (SEG), o script gerado disponibiliza outros métodos como, o ganho automático, a divisão pela *root mean square* (rms) e a multiplicação pelo fator de escala, todos provenientes do programa *sugain*.

```

echo '-----'
echo "Selecione o método de ganho que deseja utilizar, Aperte:"
echo '-----'

echo " A para AGC"
echo " B para Correção de Divergência Esférica"
echo " C multiplica por t^tpow "
echo " D divide pela rms"
echo ' E Multiplica pelo fator de escala'

> /dev/tty
read choise2

```

```
case $choise2 in
```

```
[aA])
```

```
echo " Digite a janela de tempo, em segundos:"
> /dev/tty
read wagc
echo " -> AGC: janela de tempo = $wagc s" >> relatório_$data.dat
sugain < SU/filtradoonda.su agc=1 wagc=$wagc nclip=0 > SU/ganho.su
;;
```

```
[bB])
```

```
echo 'Digite a velocidade de propagação do sinal na camada sedimentar, vmrs, em m/s.'
> /dev/tty
read vmrs
echo " -> Valor de vmrs = $vmrs" >> relatório_$data.dat
sudivcor < SU/filtradoonda.su trms=0 vrms=$vmrs > SU/ganho.su
;;
```

```
[cC])
```

```
echo " Digite um valor para tpow:"
> /dev/tty
read tpow
echo " -> O ganho da função é:  $A'=A*t^{tpow}$ " >> relatório_$data.dat
sugain < SU/filtradoonda.su tpow=$tpow > SU/ganho.su
;;
```

```
[dD])
```

```
echo " -> Balanceamento: dividindo pela rms" >> relatório_$data.dat
sugain < SU/filtradoonda.su pbal=1 nclip=0 > SU/ganho.su
;;
```

```
[eE])
```

```
echo " Digite o fator de escala"
> /dev/tty
read scale
echo " -> Fator de escala = $scale" >> relatório_$data.dat
sugain < SU/filtradoonda.su scale=$scale bclip=$5 wclip=0 > SU/ganho.su
;;
```

```
esac
```

```
suximage < SU/ganho.su key=trac1 bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil com Ganho $data
" label1= "tempo(s)" label2=" Numero de Tracos"
```

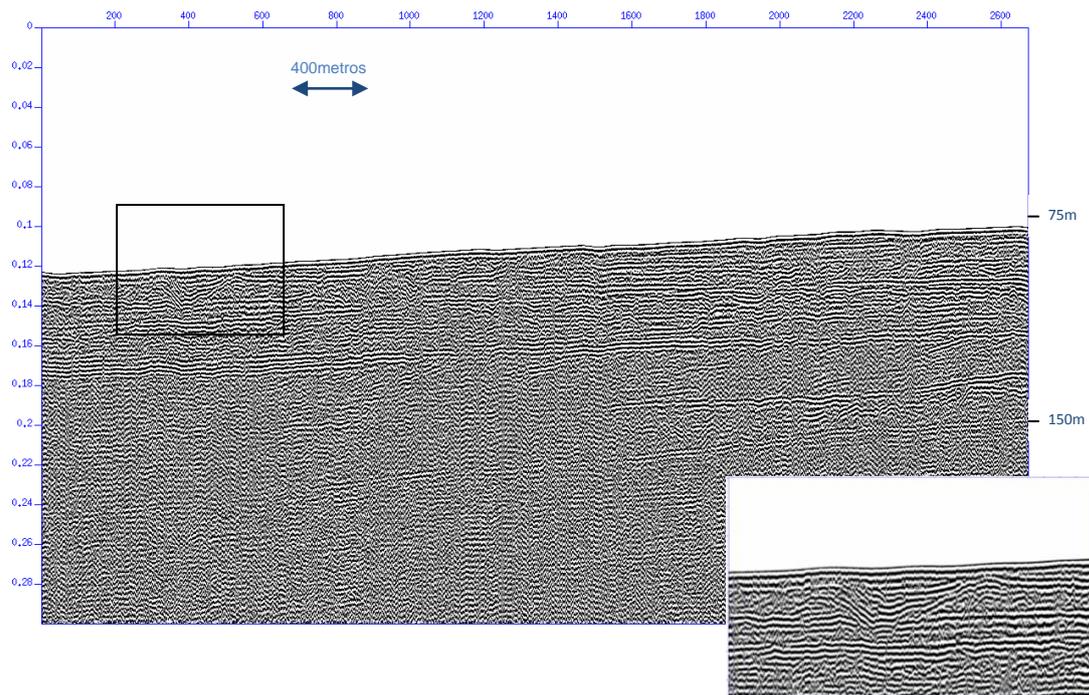


Figura 16: Perfil sísmico final, após a correção de divergência esférica.

Nesta última etapa do processamento vê-se que as faixas esbranquiçadas apresentadas na etapa anterior foram devidamente corrigidas, deixando as interfaces realçadas de maneira uniforme ao longo de todo o perfil (Fig. 16). Temos então, como produto final após a aplicação do fluxo de processamento sugerido no dado exemplo, um perfil com interfaces bem definidas, sem apresentar o efeito das ondas, com muito pouco ruído e com as amplitudes devidamente balanceadas, estando pronto para a interpretação.

5 PÓS-PROCESSAMENTO

5.1 Arquivo formato PS

A formação do arquivo em ps também é opcional. No entanto, se o usuário necessitar da imagem do perfil sísmico processado em boa resolução para utilizar em algum relatório ou apresentação, deve gerar a imagem em ps.

```
supsimage < SU/ganho.su bclip=1000 key=traci wclip=0 wbox=$wbox hbox=5 xbox=0.8 ybox=0.8
label1= 'tempo(s)' label2= 'Numero de tracos' labelsiz=12 title="Perfil Sismico $data " titlesize=12
titlecolor=black axeswidth=0.05 style=seismic > PS/tratado_.$data.ps
```

5.2 Geração do SEGY

O programa oferece a opção de converter o arquivo em formato su para o formato segy, uma vez que o formato su não é aceito por todos os programas que trabalham com o dado sísmico. Esta conversão é feita a partir da utilização do programa *segymhds*, que escreve o header do arquivo, e posteriormente pelo *segymwrite*, que gera o arquivo em segy.

```
segymhds < SU/ganho.su
segymwrite tape=SEGY_tratado/$data.segy endian=0 < SU/ganho.su
```

5.3 Remoção dos Arquivos Temporários

O arquivo temporário, é aquele arquivo que tem um curto prazo de utilização, intermedia a ação final, e depois não tem mais serventia. No decorrer do funcionamento do script, e a conclusão das etapas, muitos arquivos temporários são gerados pelos programas do SU utilizados. No entanto, ao final do tratamento do dado sísmico, temos mais de 15 arquivos temporários enchendo a pasta SU.

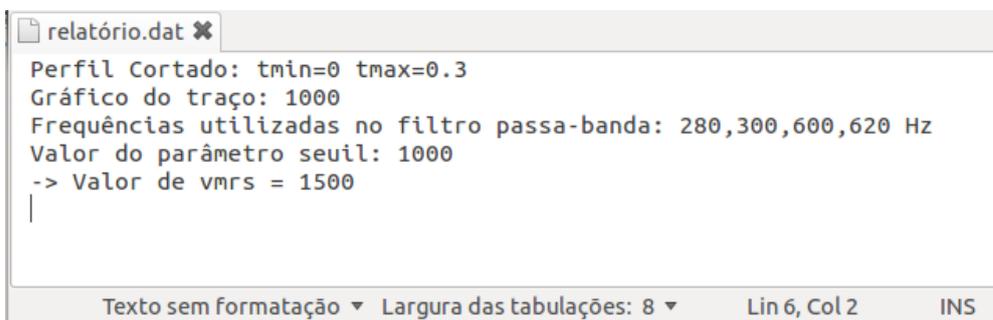
É necessária a remoção destes arquivos gerados. Para isto, é utilizado o comando "*rm -f*", que apaga os arquivos temporários ao término de cada processamento realizado.

```
\rm -f SU/$data.su
\rm -f SU/cortadotemp.su
\rm -f SU/tracos.su
\rm -f SU/gabor.su
\rm -f SU/cortado.su
\rm -f SU/filtrado.su
```

```
\rm -f SU/filtradoonda.su  
\rm -f SU/mute.su  
\rm -f MUTE/mute.par  
\rm -f MUTE/mute_$data.dat  
\rm -f SU/ganho.su
```

5.4 Relatório de Processamento

Após a conclusão do tratamento do dado sísmico, é gerado um arquivo relatório em formato dat (Fig. 17), com o nome “relatório_nome do arquivo”, onde ficam descritos todos os parâmetros utilizados nas etapas do processamento.



```
relatório.dat ✕  
Perfil Cortado: tmin=0 tmax=0.3  
Gráfico do traço: 1000  
Frequências utilizadas no filtro passa-banda: 280,300,600,620 Hz  
Valor do parâmetro seuil: 1000  
-> Valor de vmrs = 1500  
|  
Texto sem formatação ▾ Largura das tabulações: 8 ▾ Lin 6, Col 2 INS
```

Figura 17: Relatório do processamento

6 CONCLUSÃO

A partir da exemplificação da funcionalidade do programa, conclui-se que este se mostra uma boa e importante ferramenta, de livre acesso, disponível para o tratamento de dados de sísmica monocanal. Podendo ser utilizada em faculdades ou laboratórios, sem custos e apresentando um bom resultado. O programa consegue limpar o dado de maneira eficiente, retirando a maioria dos ruídos perniciosos à sísmica de alta resolução.

No entanto, visando o aperfeiçoamento do processamento deste tipo de dado, a pesquisa continua, tendo como foco a atenuação da múltipla, ruído ainda presente no perfil após o processamento, a partir da implementação do método adequado de deconvolução no script.

Outra etapa possível de aplicação é a subtração do perfil filtrado do perfil bruto, que apresentaria uma imagem utilizada como controle de qualidade dos parâmetros aplicados no filtro passa-banda, pois nos possibilitaria visualizar se houve ou não a retirada de refletores importantes neste processo.

7 Bibliografia

Catanzaro, L. F., Neto, J. A. B., Guimarães, M. S. D., Silva, C. G. (2004). "DISTINCTIVE SEDIMENTARY PROCESSES IN GUANABARA BAY – SE/BRAZIL, BASED ON THE ANALYSIS OF ECHO-CHARACTER (7.0 kHz)." *Revista Brasileira de Geofísica* 22(1): 69-83.

Duchesne, M. J., Bellefleur, G., Galbraith, M., Kolesar, R., Kuzmiski, R. (2007). "Strategies for waveform processing in sparker data." *Mar Geophys Res*: 12.

Forel, D., Benz, T., Pennington, W. D. (2005). *Seismic Data Processing with Seismic Unix*. Tulsa, SEG.

Gomes, M. P., Vital, H., Macedo, J. W. P. (2011). "FLUXO DE PROCESSAMENTO APLICADO A DADOS DE SÍSMICA DE ALTA RESOLUÇÃO EM AMBIENTE DE PLATAFORMA CONTINENTAL. EXEMPLO: MACAU-RN." *Revista Brasileira de Geofísica* 29(1): 173-186.

Grossmann, G. S. (2002). *PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS SÍSMICOS DE PARASOUND NO DELTA SUBMARINO DO AMAZONAS. LAGEMAR*. Niterói, UFF: 78.

Lee, M. W. (1999). *Processing of Single Channel Air and Water Gun Data for Imaging an Impact Structure at the Chesapeake Bay*. U.S. Geological Survey Bulletin. Central Region, Denver, Colorado.

McQuillin, R., Bacon, M., and Barclay, W. (1984). *An introduction to seismic interpretation: reflection seismics in petroleum exploration*, 2 nd Ed. Graham & Trotman Ltd., London.

Penrose, J.D. and Siwabessy, P.J.W. (2001). "Acoustic Techniques for Seabed Classification." Report prepared for the Marine Conservation Branch of the Western Australian Department of Conservation and Land Management. Perth, Curtin University of Technology.

Spyrakos, C. C., Maniatakis, C. A., Taflambas, J. (2008). "Evaluation of near-source seismic records based on damage potential parameters: Case study: Greece." *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 28(9): 738-753

Stockwell, J. J. W., Cohen, J. K. (2008). The New SU User's Manual, SEG.

Stockwell, J. J. W. (2009). Geophysical Image Processing with Seismic Unix: GPGN 461/561 Lab, Center for Wave Phenomena.

Stoker, M.S., Pheasant, J.B., Josenhans, H. (1997). "Seismic methods and interpretation." In T.A. Davies, T. Bell, A.K. Cooper, H. Josenhans, L. Polyak, A. Solheim, M.S. Stoker, J.A. Stravers (Eds.), *Glaciated Continental Margins: An Atlas of Acoustic Images*. Chapman and Hall, London, 1997. 315 pp.

Trabant, P.K. (1984). *Applied High-Resolution Geophysical Methods*. International Human Resources Development Corporation, Boston. 103 pp.

Weschenfelder, J., Corrêa, I. C. S., Aliotta, S. (2005). "Elementos Arquiteturais do Substrato da Lagoa dos Patos Revelados por Sísmica de Alta Resolução." *Pesquisas em Geociências* 32(2): 57-67.

Yilmaz, O. (2001). *SEISMIC DATA ANALYSIS: Processing, Inversion, and Interpretation of Seismic Data*. Tulsa, Society of Exploration Geophysicists.

8 ANEXOS

8.1 Script do Programa

```
#!/bin/sh

#Programa para o tratamento de dados SEG Y de Sísmica Monocanal
#Autor: Lucas Rezende Rangel

echo ' -----'
echo ''
echo ' Digite o nome correto do arquivo segy a ser tratado '
echo ''
echo ' -----'

> /dev/tty
read data

echo ' -----'
echo ''
echo ' Agora insira os seguintes parâmetros necessários, separados
somente por espaço:'
echo ''
echo ' Número do primeiro traço, Número do último traço do perfil e
Número total de traços/100 '
echo ' Exemplo : 1 2672 26,72 '
echo ''
echo ' -----'

> /dev/tty
read tracmin tracmax wbox

#-----
#-----
# Leitura do arquivo segy e conversão para arquivo formato su
#-----
#-----

segypread tape=SEG Y/$data endian=0 key=fldr trmin=$tracmin
trmax=$tracmax | segyclean > SU/$data.su

#-----
#-----
# Visualização do header do arquivo
#-----
#-----

echo ''
echo ' -----'
echo ''
```

```

echo ''
echo ' Embaixo se encontra o header do arquivo, para prosseguir aperte
a tecla q'
echo ''
echo ' -----
-----'
echo ''

suedit < SU/$data.su

#-----
-----
# Visualização do Perfil Bruto
#-----
-----

echo ''
echo ' -----
-----'
echo ''
echo ' Visualização do Perfil Bruto'
echo ' Para prosseguir feche a janela'
echo ''
echo ' -----
-----'
echo ''

suximage < SU/$data.su bclip=1000 key=tracl wclip=0 legend=1 title="
Perfil Bruto $data " label1="tempo(s)" label2=" Numero de Tracos "

#-----
-----
# Corta o Perfil em tempo
#-----
-----

echo ' -----
-----'
echo ''
echo ' Deseja ajustar a janela de tempo do perfil?(s/n) '
echo ''
echo ' -----
-----'

> /dev/tty
read key1

case $key1 in

s)
    ok=false
    echo '-----
-----'

    echo ''
    echo 'Digite o tempo mínimo e o tempo máximo da janela.'

```

```

echo 'Exemplo: 0 0.1 ou 0.1 4 '
echo ''
echo '-----'
-----

> /dev/tty
read min max
echo " Perfil Cortado: tmin=$min tmax=$max " >> relatório_$data.dat

suwind < SU/$data.su tmin=$min tmax=$max > SU/cortado.su

echo '-----'
-----
echo ''
echo ' Visualização do perfil cortado em tempo '
echo ''
echo '-----'
-----

suximage < SU/cortado.su key=tracl bclip=1000 wclip=0 legend=1
title=" Perfil Cortado $data " labell= "tempo(s)" label2= " Numero de
Tracos "
;;
n)
ok=true
cp SU/$data.su SU/cortado.su
;;

esac

echo '-----'
-----
echo ''
echo " Aplicação do Mute no Perfil "
echo ''
echo ' Apertando a tecla "s" digitalize acima do fundo do mar,
tomando cuidado para não cortá-lo, e ao término da digitalização aperte
a tecla "q".'
echo ''
echo '-----'
-----

suximage bclip=1000 wclip=0 < SU/cortado.su key=fldr
mpicks=MUTE/mute_$data.dat

# Transforma o arquivo .dat (ascii) em arquivo utilizavel pelo SU
para sumute

mkparfile < MUTE/mute_$data.dat string1=tmute string2=xmute >
MUTE/mute.par

echo '-----'
-----
echo ''
echo " Digitalização Terminada "
echo ''

```

```

echo '-----'
-----

# Aplicação do mute sobre o arquivo

sumute < SU/cortado.su key=fldr par=MUTE/mute.par > SU/mute.su

# Visualização do Perfil depois do Mute

suximage bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil Mute $data "
label1="tempo(s)" label2=" Numero de Tracos " < SU/mute.su

#-----
-----
# Análise do Espectro de Frequencia
#-----
-----

echo '-----'
-----
echo ''
echo ' Análise do Espectro de Frequencia do Perfil '
echo ''
echo '-----'
-----

suwind < SU/mute.su key=fldr j=500 > SU/cortadotemp.su

sufft < SU/cortadotemp.su | suamp mode=amp | suxgraph style=normal

echo '-----'
-----
echo ''
echo 'Digite o número de um traço, para a visualização de seu
espectro de frequência x tempo'
echo ''
echo '-----'
-----

> /dev/tty
read traco
echo " Gráfico do traço: $traco " >> relatório_$data.dat
suwind < SU/mute.su key=tracl min=$traco max=$traco > SU/tracos.su

sugabor < SU/tracos.su > SU/gabor.su

suximage < SU/gabor.su legend=1 title=" Gabor traco $traco " label1=
"tempo(s)" label2= " frequência(Hz) "

#-----
-----
# Filtro Passa-Banda
#-----
-----

echo '-----'
-----

```

```

echo ''
echo ' Aplicação do Filtro Passa-Banda '
echo ' Seu perfil precisa deste filtro? (s/n) '
echo ''
echo '-----'
-----

> /dev/tty
read choisel

case $choisel in

s)
ok=false
while [ $ok = false ]

do
echo '-----'
-----
echo '          Filtro Passa-Banda          '
echo ''
echo ' Digite as 4 margens desejadas para o Filtro Passa-Banda '
echo ' Exemplo: 100,200,2500,4000 '
echo ''
echo '-----'
-----
> /dev/tty
read freq
echo " Frequências utilizadas no filtro passa-banda: $freq Hz " >>
relatório_$data.dat
sufilter < SU/mute.su f=$freq amps=0,1,1,0 > SU/filtrado.su
echo '-----'
-----
echo ''
echo ' Visualização do Perfil Filtrado '
echo ''
echo '-----'
-----
suximage < SU/filtrado.su bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil
Filtrado $data " label1= "tempo(s)" label2= " Numero de Tracos "
echo '-----'
-----
echo ''
echo ' A filtragem foi satisfatória?(s/n) '
echo ''
echo '-----'
-----
> /dev/tty
read key2

case $key2 in

s)
ok=true
;;
n)
ok=false

```

```

        ;;
    esac
done
;;

n)
    ok=true
    cp SU/mute.su SU/filtrado.su
    ;;
esac

#-----
# Filtro Anti-onda
#-----

echo '-----'
echo ''
echo ' Aplicação do Filtro Anti-onda '
echo ' Seu perfil precisa deste filtro? (s/n) '
echo ''
echo '-----'

> /dev/tty
read key3

case $key3 in

s)
    ok=false
    while [ $ok = false ]

do

    #Aplicação do Filtro Anti-Onda    # Visualização (sparker = 0 data
boomer)

    echo '-----'
    echo ''
    echo ' Insira um valor de 1000-1500 para o parâmetro Seuil '
    echo ''
    echo '-----'

    > /dev/tty
    read key4
    echo " Valor do parâmetro seuil: $key4 " >> relatório_$data.dat
    # Ação sobre o arquivo

    suvague < SU/filtrado.su seuil=$key4 sparker=1 mean=10 | sufilter
f=0,20 amps=1,0 | sustrip > vag.fcfn

```

```

    sufina! < SU/filtrado.su file=vag.fcn seuil=$key4 >
SU/filtradoonda.su
    suximage bclip=1000 wclip=0 legend=1 title=" Perfil Anti-Onda $data
" label1= "tempo(s)" label2= " Numero de Tracos " < SU/filtradoonda.su

    echo '-----'
-----'
    echo ''
    echo ' A filtragem foi satisfatória?(s/n) '
    echo ''
    echo '-----'
-----'
    > /dev/tty
    read key5

    case $key5 in

    s)
        ok=true
        ;;
    n)
        ok=false
        ;;
    esac
done
;;
n)
    ok=true
    cp SU/filtrado.su SU/filtradoonda.su
    ;;
esac

#-----
-----
# Aplicação de Ganho
#-----
-----

    echo '-----'
-----'
    echo ''
    echo ' Aplicação de Ganho no Perfil '
    echo ''
    echo '-----'
-----'

    echo '-----'
-----'
    echo "Selecione o método de ganho que deseja utilizar, Aperte:"
    echo '-----'
-----'

    echo " A para AGC"
    echo " B para Correção de Divergência Esférica"
    echo " C multiplica por t^tpow "
    echo " D divide pela rms"
    echo ' E Multiplica pelo fator de escala'

```

```

> /dev/tty
read choise2

case $choise2 in

  [aA])
    echo " Digite a janela de tempo, em segundos:"
    > /dev/tty
    read wagc
    echo " -> AGC: janela de tempo = $wagc s" >>
relatório_$data.dat
    sugain < SU/filtradoonda.su agc=1 wagc=$wagc nclip=0 >
SU/ganho.su
    ;;
  [bB])
    echo 'Digite a velocidade de propagação do sinal na camada
sedimentar, vmrs, em m/s.'
    > /dev/tty
    read vmrs
    echo " -> Valor de vmrs = $vmrs" >> relatório_$data.dat
    sudivcor < SU/filtradoonda.su trms=0 vrms=$vmrs > SU/ganho.su
    ;;
  [cC])
    echo " Digite um valor para tpow:"
    > /dev/tty
    read tpow
    echo " -> O ganho da função é: A'=A*t^$tpow" >>
relatório_$data.dat
    sugain < SU/filtradoonda.su tpow=$tpow > SU/ganho.su
    ;;
  [dD])
    echo " -> Balanceamento: dividindo pela rms" >>
relatório_$data.dat
    sugain < SU/filtradoonda.su pbal=1 nclip=0 > SU/ganho.su
    ;;
  [eE])
    echo " Digite o fator de escala"
    > /dev/tty
    read scale
    echo " -> Fator de escala = $scale" >> relatório_$data.dat
    sugain < SU/filtradoonda.su scale=$scale bclip=1000 wclip=0 >
SU/ganho.su
    ;;
esac

    suximage < SU/ganho.su key=tracl bclip=1000 wclip=0 legend=1
title=" Perfil com Ganho $data " labell= "tempo(s)" label2=" Numero de
Tracos"

#-----
#-----
# Gera arquivo em formato ps
#-----
#-----

echo '-----
-----'

```

```

echo ''
echo 'Deseja gerar um arquivo em ps (s/n)'
echo ''
echo '-----'
-----

> /dev/tty
read key6

case $key6 in

s)
    ok=false
    supsimage < SU/ganho.su bclip=1000 key=tracl wclip=0 wbox=$wbox
hbox=5 xbox=0.8 ybox=0.8 labell= 'tempo(s)' label2= 'Numero de tracos'
labelsize=12 title="Perfil Sismico $data " titlesize=12
titlecolor=black axeswidth=0.05 style=seismic > PS/tratado_$data.ps
    ;;
n)
    ok=true
    ;;
esac

#-----
-----
# Salva o arquivo em formato Segy
#-----
-----
echo '-----'
-----'
echo ''
echo '          Processamento Concluído com Sucesso
'
echo '          Deseja salvar o arquivo em formato Segy? (s/n)
'
echo ''
echo '-----'
-----'

> /dev/tty
read key7

case $key7 in

s)
    ok=false
    segyhdrs < SU/ganho.su
    segywrite tape=SEGY_tratado/$data.segy endian=0 < SU/ganho.su
    echo '-----'
    -----'
    echo ''
    echo '          Arquivo salvo em formato Segy
'
    echo ''
    echo '-----'
    -----'
    ;;
n)

```

```
        ok=true
        ;;
    esac

#-----
#-----
# Apaga os arquivos temporários
#-----
#-----

\rm -f SU/$data.su
\rm -f SU/cortadotemp.su
\rm -f SU/tracos.su
\rm -f SU/gabor.su
\rm -f SU/cortado.su
\rm -f SU/filtrado.su
\rm -f SU/filtradoonda.su
\rm -f SU/mute.su
\rm -f MUTE/mute.par
\rm -f MUTE/mute_$data.dat
\rm -f SU/ganho.su
```