APÊNDICE

**B**

ALGOTITIMO DE AJUSTAMENTO EM PYTHON

Utilizando as ferramentas computacionais, é possível ajustar dados de TLS e determinar os parâmetros adicionais do equipamento e suas incertezas. Para essa tarefa foi desenvolvido um algoritmo e para a sua execução é preciso conhecimento básico em programação, ajustamento e processamento de dados de TLS.

As técnicas para representação de uma superfície envolvem o tratamento das medidas, uma vez que as informações do terreno estão associadas a imprecisões. O tratamento implica em análises matemáticas e estatísticas do problema; e envolve um grande número de variáveis e operações algébricas. Dessa forma, as ferramentas computacionais facilitam o processo e abrem a possibilidade para diversas manipulações.

No contexto da aplicação para a geociência, a linguagem Python dispõe de ferramentas computacionais eficientes em cálculos matriciais e gerenciamento de dados, além de ser uma linguagem de alto nível orientada ao objeto, tem proposta objetiva e de simples entendimento.

1. PRE-AJUSTAMENTO

O primeiro requisito é instalar o Python, disponível no link: [Python](https://www.python.org/), e o segundo requisito é instalar as bibliotecas computacionais utilizadas no algoritmo, que trazem funções para manipulações e cálculos.

Para o gerenciamento de bibliotecas recomenda-se o uso do Anaconda, disponível no link: [Anaconda](https://www.anaconda.com/distribution/). A maior parte das bibliotecas utilizadas nesse projeto são nativas do Anaconda e para a instalação das bibliotecas não nativas é preciso executar o seguinte bloco de códigos no *prompt*:

|  |
| --- |
| conda install -c anaconda tk  conda install pandas  conda install -c anaconda seaborn |

Depois que todas as bibliotecas foram instaladas abrir o algoritmo deve ser aberto em uma IDE (*Integrated Development Environments*), que é um ambiente de edição e execução do algoritmo, recomenda-se o Spyder, que é nativo do Anaconda.

Antes de executar o algoritmo é importante montar a base de dados para o ajustamento, que consiste em três tabelas com as observações, vetores diretores dos planos e parâmetros aproximados. As informações devem ser organizadas em arquivos de tabelas contendo os exemplos de cabeçalho, Tabelas 1, 2 e 3, salvas no formato .csv, com separador de casas decimais “.” e separador entre células “;”.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Plano | Nx | Ny | Nz | D |

Tabela 1 – Planilha do vetor diretor dos planos.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Plano | Estacao | x | y | z |

Tabela 2 – Planilha das observações.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Estacao | omega | Kappa | Phi | X | Y | Z | a | b | c |

Tabela 3 – Planilha dos parâmetros aproximados.

Onde:

|  |  |
| --- | --- |
| Plano | Numeração atribuída a cada plano |
| Estação | Numeração da estação de referência |
| (x,y,z) | Coordenadas cartesianas dos pontos observados |
| (Nx,Ny,Nz,d) | Parâmetros que definem o plano |
| (Ômega, kappa, phi) | Ângulos de inclinação da estação |
| (X,Y,Z) | Coordenadas cartesianas da estação |
| (a,b,c) | Parâmetros adicionais |

Os dados de entrada devem respeitar duas condições mínimas para o ajustamento: cada plano deverá ter no mínimo três pontos observados e mais de uma estação de observação. Essas restrições são fundamentais para garantia do cálculo da matriz inversa do ajustamento, ou seja, para a consistência algébrica do processo.

O último passo antes de iniciar a execução do algoritmo é preencher as listas *estacao* e *plano* com a numeração das estações e planos respectivamente, linhas 103 e 104. Estas listas têm a função de filtrar quais dados serão utilizados no ajustamento.

2. ENTRADA DE DADOS

Ao executar o algoritmo a janela de entrada de dados abrirá (Figura 1), e indicará a entrada dos arquivos de tabela criados no item anterior. Para selecionar os arquivos basta clicar em “arquivos”, após a seleção dos três arquivos o processo deve ser finalizado com botão “ok”.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 1 – Janela de seleção de arquivos. |

Na hipótese de os dados não respeitarem as condições mínimas de ajustamento o processo será interrompido e a mensagem de erro correspondente à inconsistência será apresentada. Caso o grau de liberdade seja menor que zero, aparecerá a caixa de diálogo da Figura 2, e se o número de observações por plano for menor que três, a mensagem da Figura 3.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 2 – Mensagem de erro para o teste do gral de liberdade. |
|  |
| Figura 3 – Caixa de dialogo caso o mínimo de observações por plano não seja satisfeito. |

3. AJUSTAMENTO

O processo de ajustamento segue as formulações do Apêndice A e as equações do ajustamento com APs. A cada iteração os dados são corrigidos e é possível acompanhar a evolução do processo na janela do canto superior direito, Figura 4. As observações de cada estação são diferenciadas por cores e a cada iteração uma nova imagem é gerada, assim é possível identificar os pontos se aproximarem à medida que as correções são aplicadas.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 4 – Plotagem dos pontos ajustados |

Para definir a convergência dos dados são aplicados três testes, conforme definido no Apêndice A. Por padrão o critério de convergência para número limite de iterações é quatro (*limite*), a taxa de atualização do vetor das correções é 0.001 (*Vcorrecao*) e a significância das correções para os ângulos é de 0.0001 graus (*Lang*) e 0.001(*Lcoord, Laps*) para as coordenadas das estações e APs. Para alterar esses critérios, é preciso mudar os valores atribuídos as variáveis, nas linhas de código 108 a 112.

Quando um critério for atingido uma das janelas, Figuras 5, 6 e 7, serão apresentadas.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 5 – Janela informativa caso as correções mínimas sejam atingidas. |
|  |
| Figura 6 – Janela apresentada caso atinja o limite de iterações. |
|  |
| Figura 7 – Janela informativa ao critério do vetor das correções. |

4. RESULTADOS

Após a convergência do ajustamento, os principais resultados são armazenados em tabelas, com diretório definido pelo usuario, Figura 8. Os resultados são divididos em três arquivos, com configurações iguais as três tabelas de entrada. As demais variáveis do ajustamento podem ser acessados diretamente em linha de código, a Tabela 4 traz a correspondência entre as principais variáveis definidas no Apêndice A e a sua correspondente no algoritmo.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ajustamento | Variável | Estrutura | Observações |
| l | observações | *Dataframe* | Observações separadas por linhas |
| Q | Q | *matrices* | Diagonal com o valor da variância de l |
| X | parametros | *Dataframe* | Estações separadas por linhas ( |
|  | QXX | *matrices* | Matriz com o valor da variância de X |
| lc | vetor | *Dataframe* | Planos separados por linhas |
|  | f | *matrices* | Equação de observações |
|  | g | *matrices* | Equação de restrição |
| . | QC | *matrices* | Diagonal com o valor da variância de C |
| A | AT | *matrices* | Jacobiana de f, em relação a matriz observações |
| B | BF | *matrices* | Jacobiana de f, em relação a matriz parâmetros na seguinte ordem: planos-estação-APs |
|  | ACT | *matrices* | Jacobiana de g, em relação a matriz vetor |
|  | CF | *matrices* | Jacobiana de g, em relação a matriz parametros |
|  | fx | *matrices* | Correção aplicada a matriz parâmetros |
|  | DELTA | *matrices* | Valor aproximado dos parâmetros |
| , , | V, VC, VX | *matrices* | Resíduo das observações e parâmetros |
|  | obscorrigido | *Dataframe* | Observações ajustadas a cada iteração |
|  | vcorrigido | *Dataframe* | Restrições atualizadas a cada iteração |
|  | parcorrugido | *Dataframe* | Parâmetros atualizados a cada iteração |
|  | var | *matrices* | Variância a posteriori |

Tabela 4 – Correspondência entre as variáveis do algoritmo e do ajustamento

|  |
| --- |
|  |
| Figura 8 – Seleção dos arquivos de saída. |

Por fim, a última janela de diálogo abrirá, está trará a informação do teste estatístico do sigma a posteriori como descrito no Apêndice A. Existem duas as possibilidades: aceitar ou não aceitar o teste de hipótese, caso aceito aparecera a Figura 9, caso contrário a Figura 10.

|  |
| --- |
|  |
| Figura 9 – Janela informativa caso o teste seja aceito. |
|  |
| Figura 9 – Janela informativa caso o teste seja rejeitado. |

O último resultado é o gráfico de correlação que indica a dependência entre as variáveis, Figura 10. A distribuição de variáveis no gráfico segue a seguinte ordem: .

|  |
| --- |
|  |
| Figura 10 – Gráfico de correlação entre as variáveis. |