



**Victor Augusto Hilquias Silva Alves**

**Avaliação dos fatores geológicos intervenientes na rugosidade de  
fraturas**

Trabalho de Conclusão de Curso

UFRJ

Rio de Janeiro

2011

UFRJ

Victor Augusto Hilquias Silva Alves

Avaliação dos fatores geológicos intervenientes na rugosidade de fraturas

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do Rio  
de Janeiro – UFRJ, apresentado como  
requisito necessário para obtenção do grau  
de Geólogo.

Orientador: Emílio Velloso Barroso

Rio de Janeiro

Fevereiro 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Avaliação dos fatores geológicos intervenientes na rugosidade de  
fraturas

Victor Augusto Hilquias Silva Alves

APROVADA POR:

---

Dr. Emilio Veloso Barroso

---

Luiz Jose R O Brandao da Silva

---

Rafael Silva Ribeiro

FEVEREIRO, 2011

RIO DE JANEIRO – BRASIL

Alves, Victor.

Avaliação dos fatores geológicos intervenientes na rugosidade fratura /

Victor Augusto Hilquias Silva Alves - Rio de Janeiro: UFRJ / Igeo, 2011.

XI, p43. : il.; 29,7cm

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade

Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,

Departamento de Geologia 2011.

Orientador: Emílio Velloso Barroso

1. Geologia. 2. Geologia de Engenharia e Ambiental –

Trabalho de Conclusão de Curso. I. Emílio, Velloso

Barroso. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,

Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Avaliação dos fatores geológicos intervenientes na rugosidade fratura

## Resumo

Problemas de instabilidade de taludes rochosos são, em geral, controlados pela presença de descontinuidades (fraturas e falhas) nos maciços. Este é o caso, por exemplo, na cidade do Rio de Janeiro, onde nos períodos chuvosos são frequentes os problemas desta natureza.

Para a análise da estabilidade de taludes rochosos é necessário determinar a resistência ao cisalhamento de tais descontinuidades. A aspereza da superfície das descontinuidades exerce um papel fundamental na resistência, sendo essas tão mais resistentes quanto mais ásperas as suas superfícies. As asperezas, também conhecidas como rugosidades, dentre os parâmetros de interesse, apresentam grande conexão com o meio geológico. Esta influência foi reconhecida e quantificada por Patton (1966), que mostrou que as rugosidades devem ser avaliadas quantitativamente para que seu efeito possa ser levado em consideração na resistência ao cisalhamento de fraturas, uma vez que efeitos de escala têm sido relatados na literatura para esse parâmetro.

O objetivo central deste trabalho é avaliar, para os gnaisses do Rio de Janeiro, quais as principais características geológicas que controlam a rugosidade. Para as medidas das rugosidades no campo, adotou-se a técnica proposta por Fecker & Rengers (1971), na qual se emprega o uso de uma bússola acoplada com placas de alumínio de diferentes diâmetros: 5,5 cm; 11,0 cm; 21,0 cm e 42,0 cm. Foram estudados taludes onde afloravam dois tipos de gnaiss, sendo eles facoidal e leptinito. Na análise dos dados de campo foram empregados dois métodos distintos: (1) análise estatística multivariada, considerando a distribuição normal dos dados sobre a superfície de uma esfera e (2) análise estrutural, realizada com projeções estereográficas equiângulo, para a qual se utilizou o software DIPS da *Rocscience*.

Os resultados mostram existir um efeito de escala associado à base das medidas, tendo sido observado um decréscimo no valor médio da rugosidade em função do aumento do tamanho das placas para quase todos os casos estudados, menos no leptinito onde esse efeito de escala não foi comprovado. Quanto aos aspectos geológicos de interesse para a rugosidade, parece haver uma influência primária da textura sobre o efeito de escala, pois esse foi observado nos gnaisses porfiroblásticos e são quase imperceptíveis naqueles granoblásticos. Por outro lado, parece não haver efeitos da

orientação da foliação da rocha em relação ao plano da descontinuidade sobre valores médios de rugosidade, mas esse precisa ainda ser confirmado com estudos adicionais, e também se observa um efeito do grau de alteração da rocha sobre a média de inclinação da rugosidade.

Palavras - chaves: rugosidade; mecânica de rochas; estabilidade de taludes; fraturas

## Abstract

Problems of instability of rock slopes are usually controlled by discontinuities (fractures and faults) in the solid. This is the case, for example, in the city of Rio de Janeiro, where in rainy periods are frequent problems of this nature.

To analyze the stability of rock slopes is necessary to determine the shear strength of such discontinuities. The surface roughness of the discontinuities plays a fundamental role in the resistance, such as being tougher on rougher surfaces. Roughnesses, also known as ridges, among the parameters of interest, have a great connection with the geological environment. This influence was recognized and quantified by Patton (1966), which showed that the roughness should be quantitatively evaluated for its effect can be considered in the shear fractures, since scale effects have been reported in the literature for this parameter.

The aim of this paper is to evaluate, for the gneisses of Rio de Janeiro, which are the main geological features that control the surface roughness. For measures of roughness in the field, we adopted the technique proposed by Fecker & Rengers (1971), in which he employs the use of a compass coupled with aluminum plates of different diameters: 5.5 cm, 11.0 cm; 21.0 cm and 42.0 cm. We studied slopes outcroppings where two types of gneiss, and augen and they leptinites. In the analysis of field data were used two different methods: (1) multivariate statistical analysis, considering the normal distribution of data over the surface of a sphere and (2) structural analysis, performed with equiangular stereographic projections, which was used for the Rocscience of DIPS software.

The results show that there is a scale effect associated with the base of the measures, but there was a decrease in the average value of roughness with increasing the size of the plates for almost all cases, at least where leptinites this scale effect was not proven . As to geological features of interest to surface roughness, there seems to be a primary influence of the texture increases the scale effect, because that was observed in porphyroblasts and gneisses are almost imperceptible those granoblastic. Moreover, there seem no effects of orientation of the foliation of the rock relative to the plane of discontinuity on average values of roughness, but this has yet to be confirmed by additional studies, and also observed an effect of the degree of the rock on average slope of roughness.

Key - words: roughness; rock mechanics, slope stability, fractures

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus, por me dar condições para eu estar aqui e concluindo essa etapa de minha vida. A meus pais que me deram todo apoio moral e financeiro para essa minha empreitada fora da minha terra natal, onde muitas vezes não foi nada fácil, mas com persistência estou vencendo isso. A minha queridíssima irmã companheira em muitas horas. Aos meus amigos que me encorajaram me dando apoio e conselhos preciosos, me deixando forte para superar esse arduoso caminho. Ao meu orientador Emilio Velloso Barroso que me deu a oportunidade de desenvolver essa pesquisa com ele. Ao geólogo Luiz Jose R O Brandão da Silva e a Geo-Rio, pelo suporte na nossa área de estudo e pelas fotos cedidas para este trabalho. Ao Dsc José Mario Coelho pelo grande aprendizado como seu monitor. A empresa júnior de geologia Xisto e todos seus membros pela oportunidade de trabalhar e fazer surgir do nada esse grande sonho.



## Lista de figuras

Figura 1 - Localização da área de estudo - Vila Isabel.....	133
Figura 2 - Antes e depois dos acidentes na área de estudo de Vila Isabel.....	13
Figura 3 - local de estudos - Laranjeiras.....	144
Figura 4 - Local de estudo - Pão de açúcar.....	14
Figura 5 – perfis de rugosidade (Barton & Choubey, 1977), mostrando padrões típicos de JRC .....	177
Figura 6 - Martelo de Schimidt.....	177
Figura 7 - tabela de conversão.....	18
Figura 8 – Relação entre a geometria da superfície e o deslocamento vertical (dilatância) (Fecker & Rangers, 1971) .....	199
Figura 9 - esquema de placas (facker & Ranger, 1971) .....	20
Figura 10 - placas de tamanho 5,5cm; 11 cm; 21 cm e 42 cm .....	20
Figura 11a e 11b - Superfície de fratura de alívio onde foram feitas as medidas .....	21
Figura 12 - Rotação do plano referencia para a posição horizontal (Fecker e Rangers, 1971).....	22
Figura 13 – Caixa 02/03 da sondagem SRI03 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 4
Figura 14 - obtenção dos pontos com o programa Grapher. ....	255
Figura 15 - Estereogramas de laranjeiras – placa 1(5 cm), placa 2 (10 cm) (Perez, 1994) .....	266
Figura 16 - Estereogramas de laranjeiras – placa 3(10 cm), placa 4 (40 cm) (Perez, 1994).....	277
Figura 17 - estereogramas do pão de Açúcar (Mendonça, Silva, & Barroso, 1997)....	288
Figura 18 – estereogramas de Vila Isabel - Placa 1 (5,5cm) e Placa 2 (11,0cm) .....	299
Figura 19 - estereogramas de Vila Isabel - Placa 3 (21,0cm) e Placa 4 (42,0cm).....	30
Figura 20 – gráfico de rugosidade x esclerometria.....	34
Figura 21 - rugosidade x diferença do ângulo de fratura e foliação .....	355

**Lista de tabela**

Tabela 1 – Analise estatística (Vila Isabel).....	31
Tabela 2 – Analise estatística Pão de Açúcar (Mendonça, Silva & Barroso, 1997) .....	31
Tabela 3 – Analise estatística Laranjeiras (Perez, 1994).....	32
Tabela 4 – Relações diversas descritos de um testemunho em Vila Isabel.....	32-34

## Sumário

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	7
AGRADECIMENTOS .....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELA .....	10
SUMÁRIO.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. LOCALIZAÇÃO .....	13
3. CONHECIMENTO DO PROBLEMA .....	15
4. METODOLOGIA.....	20
4.1 ANÁLISE ESTRUTURAL .....	22
4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	23
5. RESULTADOS.....	26
6. CONCLUSÃO .....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
ANEXO – MEDIDAS –VILA ISABEL.....	38

## 1. Introdução

Problemas de instabilidade de encosta são muito comuns, tanto em países em desenvolvimento como desenvolvidos, onde nem sempre o poder político trata o problema de forma adequada e a população, má orientada, acaba utilizando imprópriamente o espaço físico. Nas épocas de elevada precipitação pluviométrica esse problema ainda se agrava.

Quando as instabilidades ocorrem em rocha sã ou pouco alterada, as descontinuidades exercem um importante papel de controle desses movimentos de massa. Para fazer a análise do talude é preciso quantificá-lo, determinando as propriedades mecânicas, sendo a morfologia da superfície dessas fraturas (rugosidades), dentre os parâmetros de interesse, aquele que apresenta grande conexão com o meio geológico. Essa influência foi reconhecida por Patton (1966). A rugosidade deve ser determinada quantitativamente para que seu efeito possa ser considerado na resistência ao cisalhamento das fraturas e por consequência, nas análises de estabilidade.

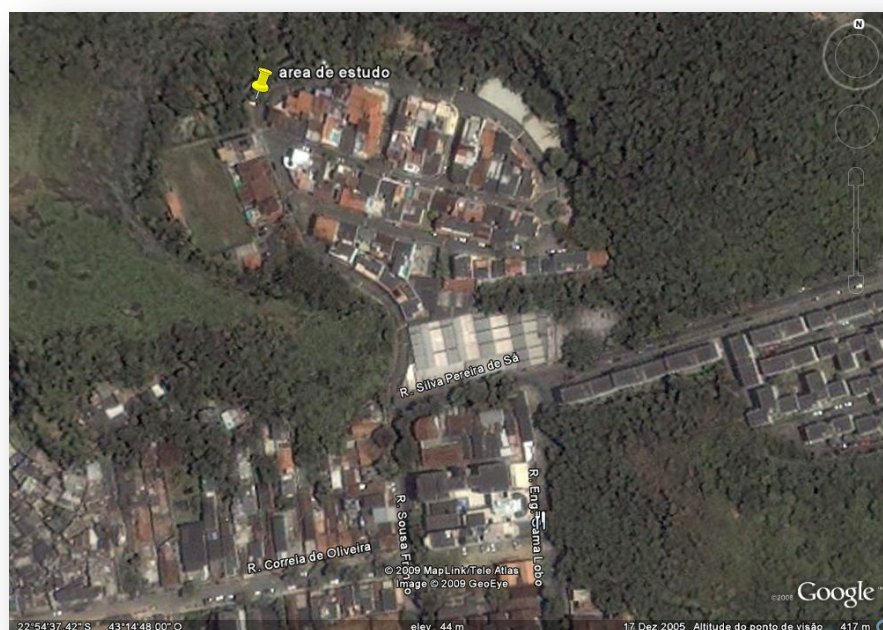
Tendo em vista o objetivo de medir o ângulo médio das asperezas, neste estudo adotou-se a técnica proposta por Fecker & Rengers (1971), na qual se emprega o uso de uma bússola acoplada a placas circulares de diferentes diâmetros: 5,5 cm; 11,0 cm; 21 cm e 42 cm.

Foi feito um número representativo de medidas em um ponto da cidade do Rio de Janeiro, Vila Isabel, sendo que outros dois locais, Pão de Açúcar e Laranjeiras, foram obtidos os dados na literatura para comparar os diferentes aspectos mineralógicos e estruturais que exercem influência sobre a formação das rugosidades na superfície das descontinuidades.

Esse trabalho tem importância para avaliar a resistência ao cisalhamento das juntas de alívio que individualizam lascas instáveis nas várias escarpas da cidade do Rio de Janeiro sendo possível, com esses dados copulados, melhorarem o conhecimento sobre as condições críticas de deslizamento dessas lascas.

## 2. Localização

Todas as áreas de estudo localizam-se na cidade do Rio de Janeiro, sendo que a que foi visitada está situada no bairro de Vila Isabel (figuras 1 e 2), tendo como coordenadas no datum WGS 84  $22^{\circ}54' 60''S$ ,  $043^{\circ}14' 90''W$



**Figura 1 - Localização da área de estudo - Vila Isabel**



Antes do acidente



Depois do acidente

## Figura 2 - Antes e depois dos acidentes na área de estudo de Vila Isabel

Outros locais de estudo foram em Laranjeiras, mais precisamente encontra-se na face NE da base do morro Dona Marta, cujos dados foram retirados de Perez (1994) (figura 3) e na Praia vermelha, no morro do Pão de Açúcar (Mendonça, Silva, & Barroso, 1997) (figura 4).

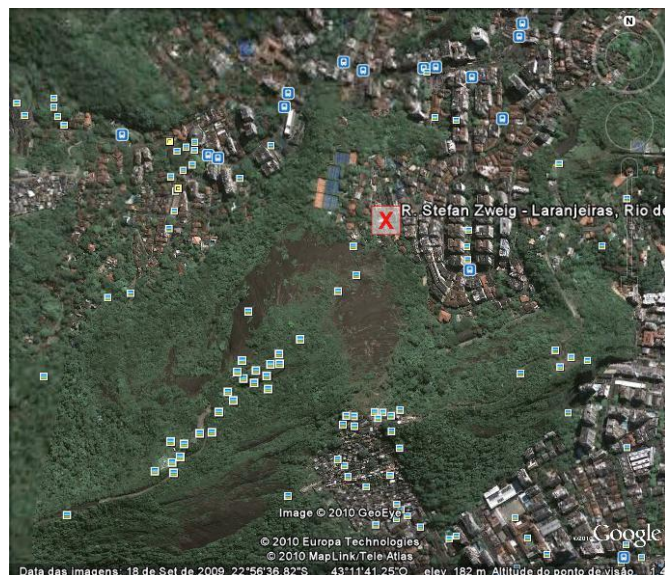


Figura 3 - local de estudos - Laranjeiras



Figura 4 - Local de estudo - Pão de Açúcar

### 3. Conhecimento do problema

Segundo Patton (1966) existem dois tipos básicos de juntas planares, as de superfície lisa e as rugosas. A resistência ao cisalhamento do primeiro tipo é matematicamente descrito pela envoltória de Mohr – Coulomb:

$$\tau = c + \sigma n . tg\phi \quad \text{Equação 1}$$

Onde:  $\tau =$  resistência ao cisalhamento

$\sigma n =$  tensão normal

$c =$  coesão

$tg\phi =$  coeficiente de atrito

Já o segundo tipo é regido por uma fórmula simples:

$$\phi_{\text{rugoso}} = \phi_{\text{liso}} + i \quad \text{Equação 2}$$

Onde:  $\phi_{\text{rugoso}} =$  ângulo de atrito de uma descontinuidade rugosa

$\phi_{\text{liso}} =$  ângulo de atrito de uma superfície lisa

$i =$  ângulo de inclinação da rugosidade

Sendo assim Patton (1966) fez uma simples substituição encontrando:

$$\tau = c + \sigma n . tg(\phi + i) \quad \text{Equação 3}$$

Onde: :  $\tau = \text{resistência ao cisalhamento}$

$\sigma_n = \text{tensão normal}$

$c = \text{coesão}$

$\text{tg}\phi = \text{coeficiente de atrito}$

$i = \text{ângulo de inclinação da rugosidade}$

Diversos autores (Barton, 1971, 1973; Reeves, 1985) desenvolveram diferentes métodos para obtenção do ângulo das asperezas usando critérios cujas seus envoltórios de resistência não são lineares, sendo o mais importante para ser abordado nesse estudo o de Barton – Choubey (1977).

Este critério foi baseado em dados experimentais que previam resistência ao cisalhamento de pico, tendo em vista dois componentes básicos, as rugosidades da parede das juntas (JRC) e sua resistência a compressão das paredes (JCS), sendo ele expresso pela fórmula:

$$\tau_p = \sigma_n \text{tg} [\text{JRC} \log (\text{JCS}/\sigma_n)] + \phi_r \quad \text{Equação 4}$$

Onde:  $\tau_p = \text{resistência ao cisalhamento de pico}$

$\sigma_n = \text{tensão normal efetiva}$

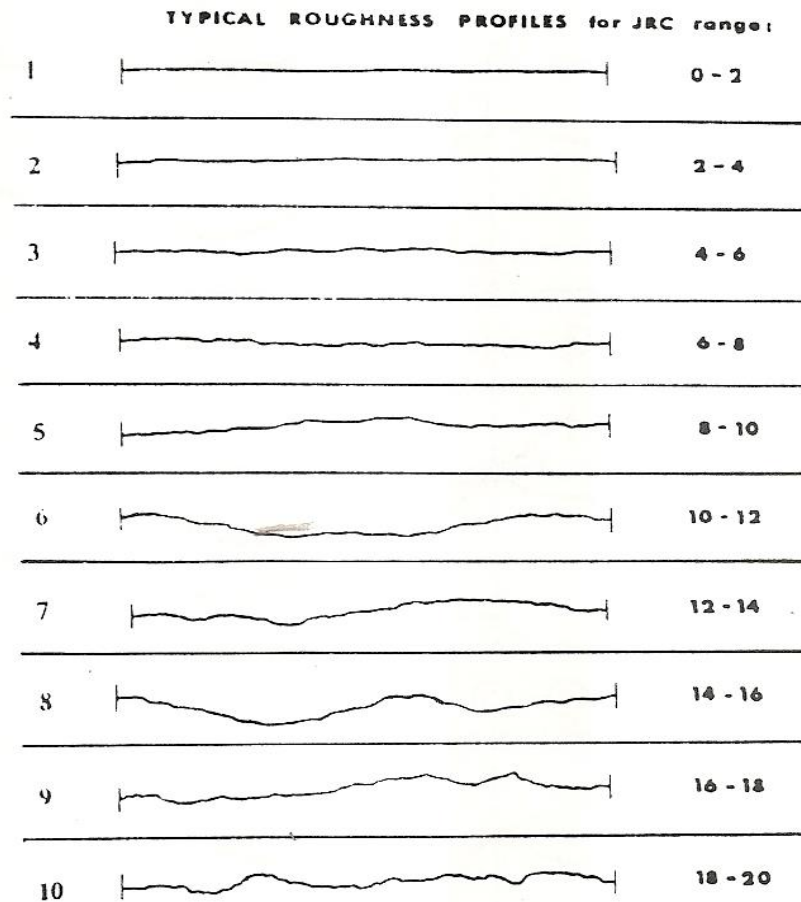
JRC = “*joint roughness coefficient*” (coeficiente de rugosidade da junta)

JCS = “*joint wall compressive strength*” (resistência à compressão da junta)

$\phi_r = \text{ângulo de atrito básico}$

Sendo esse critério empírico, já que para determinar o parâmetro JRC precisasse fazer medidas indiretas, da estimativa da resistência, através de ensaios cisalhantes em superfícies de juntas rugosas, ou por uma simples comparação visual da junta rugosa, com uma série de perfis padrões publicada por Barton e Choubey (1977) (figura 5)





**Figura 5 – Perfis de rugosidade (Barton & Choubey, *The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice*, 1977), mostrando padrões típicos de JRC**

A determinação do JCS é feita com a ajuda do “martelo” de *Schmidt* tipo L (figura 6), usando uma tabela de conversão (figura 7) ou a equação 5.



**Figura 6 - Martelo de *Schmidt***

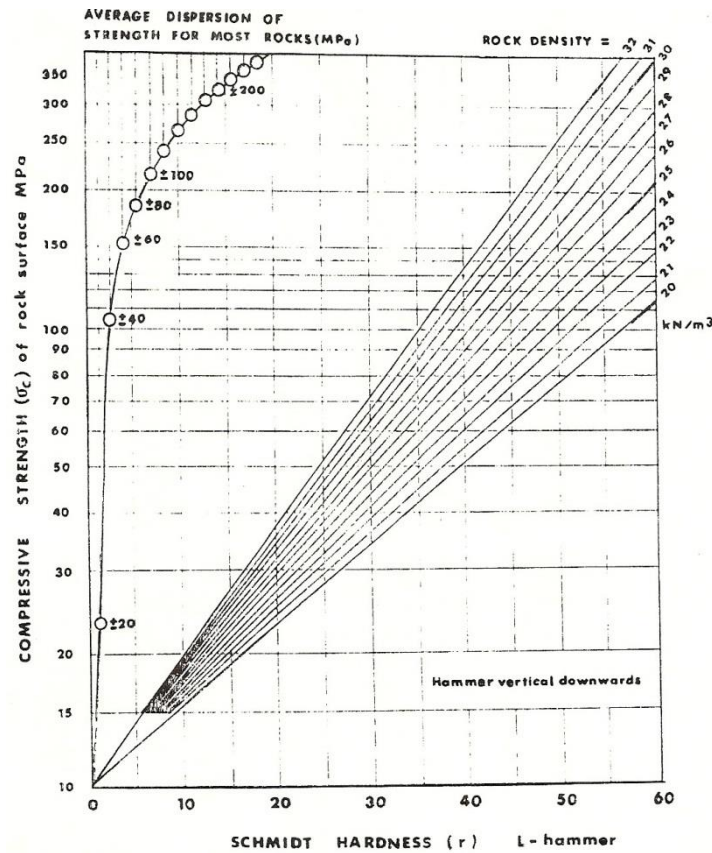


Figura 7 - Tabela de conversão (Miller, 1965)

$$\log_{10} JCS = 9,00088\gamma_S + 1,01 \quad \text{Equação 5}$$

(Miller, 1965)

Onde:

$r$  = dureza de *Schmidt*

$R$  = “*Rebound number*” (média de 15 leituras) – Dureza de *Shimidt*

$\gamma_S$  = peso específico seco ( $\text{KN/m}^3$ )

Existe uma propriedade importante das fraturas sob cisalhamento chamada de dilatação (Fecker & Rangers, 1971), que representa a variação de volume das fraturas durante o cisalhamento. Pode ser expressa entre a geometria das superfícies e o

movimento transversal ou deslocamento cisalhante. Sendo simplesmente baseado em um fato que quando se aplica certa quantidade de deslocamento cisalhante haverá uma resposta no deslocamento vertical  $\Delta h$  (figura 8), sendo expressa pela equação 6.

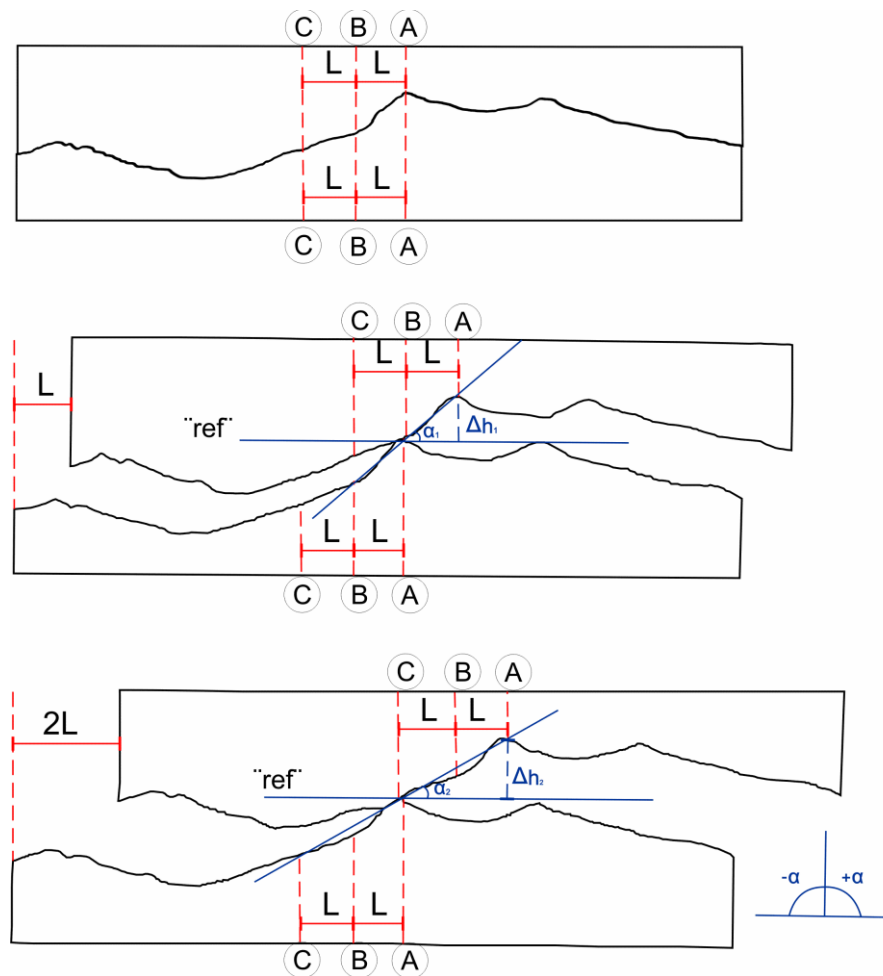
$$\Delta h = n L \tan \alpha \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$nL = 1, 2, 3, \dots n$  (deslocamento cisalhante)

$\alpha =$  ângulo de rugosidade (i)

$\Delta h =$  deslocamento vertical



**Figura 8 – Relação entre a geometria da superfície e o deslocamento vertical (dilatância) (Fecker & Rangers, 1971)**

#### 4. Metodologia

Nesse trabalho foi usado o método de Fecker & Rangers (1971) para as medidas do ângulo de rugosidade ( $i$ ). Esse método consiste em usar uma bússola do tipo “Clar” acoplada a placas de tamanhos diversos, 5,5cm; 11 cm; 21cm e 42cm (figuras 9 e 10).



**Figura 9 - esquema de placas (Fecker & Ranger, 1971)**



**Figura 10 - placas de tamanho 5,5cm; 11 cm; 21 cm e 42 cm**

Em Vila Isabel foi escolhida uma superfície de fratura de alívio em um gnaisse facoidal com 2m<sup>2</sup> de área (figura 11a e 11b) e subdividida em duas partes, nas quais foram realizadas as seguintes quantidades de medidas: 50(placa de 5,5cm), 25 (placa de 11 cm), 20 (placa de 21 cm) e 15(placas de 42 cm). O número de medidas foi reduzido devido à superfície da fratura não ter espaço o suficiente para se realizar uma quantidade maior de medidas.





**Figura 11a - Superfície de fratura de alívio onde foram feitas as medidas**



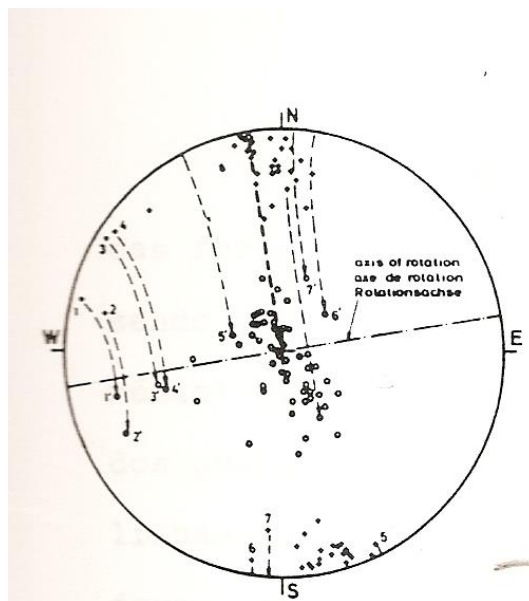
**Figura 11b - Superfície de fratura de alívio onde foram feitas as medidas**

Assim os ângulos medidos foram representados de duas formas diferentes:

- (1) Análise estrutural
- (2) Análise estatística

#### 4.1 Análise estrutural

Devido ao grande número de medidas foi usado o programa Dips da Rocscience, em projeção equiângulo, sendo os pólos da superfície das discontinuidades representados.



**Figura 12 - Rotação do plano referência para a posição horizontal (Fecker e Rangers, 1971)**

Para uma melhor visualização das medidas, os resultados foram apresentados em quatro diagramas de pólos diferentes, sendo um para cada placa. Para eliminar o efeito de declividade do terreno, foi feita uma rotação do plano referência para a posição horizontal (figura 12).

## 4.2 Análise estatística

A análise estatística usada foi a distribuição de Fisher, que consiste na distribuição dos pólos sobre a superfície de uma esfera, sendo esses pólos considerados vetores unitários, dados por  $\alpha$  que é o mergulho e  $\beta$  que é a direção de mergulho, sendo assim, suas coordenadas são dadas pelos cossenos diretores l, m, n.

$$l = \cos\alpha\cos\beta \quad m = \cos\alpha\sin\beta \quad n = \sin\alpha \quad \text{Equação 7}$$

Como muitos pólos foram medidos, a orientação média das coordenadas é dada pelo somatório dos cossenos diretores, divididos pelo modulo do vetor resultante.

$$l_{R=\frac{\sum l_R}{|R|}} \quad m_{R=\frac{\sum m_R}{|R|}} \quad n_{R=\frac{\sum n_R}{|R|}} \quad \text{Equação 8}$$

Sendo  $|R|$  representa a orientação média dos vetores da descontinuidade dado pela equação:

$$|R| = [(\sum l_i)^2 + (\sum m_i)^2 + (\sum n_i)^2]^{1/2} \quad \text{Equação 9}$$

Valores médios de  $\alpha$  e  $\beta$  são dados pelas equações:

$$\alpha_R = \arcsen(n_R), 0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ \quad \text{Equação 10}$$

$$\beta_R = \arccos\left(\frac{l_R}{\cos\alpha_R}\right), \text{ se } m_R \geq 0 \quad \text{Equação 11}$$

$$\beta_R = -\arccos\left(\frac{l_R}{\cos\alpha_R}\right), \text{ se } m_R \leq 0 \quad \text{Equação 12}$$

Utilizou-se o índice  $K_f$ , coeficiente de dispersão, para determinar a dispersão dos dados, sendo inversamente proporcional a dispersão dos dados e fornecido pela equação:

$$K_f = \frac{N}{(N-|R|)} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

N = Número de medidas

$|R|$  = Vetor resultante

Outro parâmetro importante dado por esse método é o ângulo  $\psi$  que a normal faz com o plano de inclinação média da rugosidade, tendo como  $p$  a probabilidade arbitrária de 80% e 90%.

$$\psi = \arccos\left[1 + \frac{1}{K_f} \cdot \ln(1 - p)\right] \text{ Equação 14}$$

Onde:

$p$  = Probabilidade de 80% ou 90%

O ultimo parâmetro determinado é o desvio padrão médio  $\bar{\psi}$  dado pela equação:

$$\bar{\psi} = K_f^{-\frac{1}{2}} \text{ Equação 15}$$

Em uma segunda etapa do trabalho, foi feito uma descrição das fraturas em um testemunho de sondagem, dividida em três caixas, da área de Vila Isabel, manobra SRI03(Figura 13). Para caracterizar essas fraturas foram descritas as alterações das superfícies de fratura por uma classificação bem simples de alteração e por análise da esclerometria, onde se obtém a dureza superficial do material. Sendo o mesmo tipo de rocha em toda a sondagem, um gnaisse facoidal, dá para fazer uma comparação entre a dureza da rocha, encontrada através da esclerometria, e o grau de alteração no trecho onde foi feito a análise.



**Figura 13 – Caixa 02/03 da sondagem SRI03**

Ainda nessa manobra foram feitos croquis indicando os ângulos entre as fraturas encontradas e a foliação da rocha e por fim foram obtidos perfis de rugosidade (três para cada fratura) com um perfilógrafo.

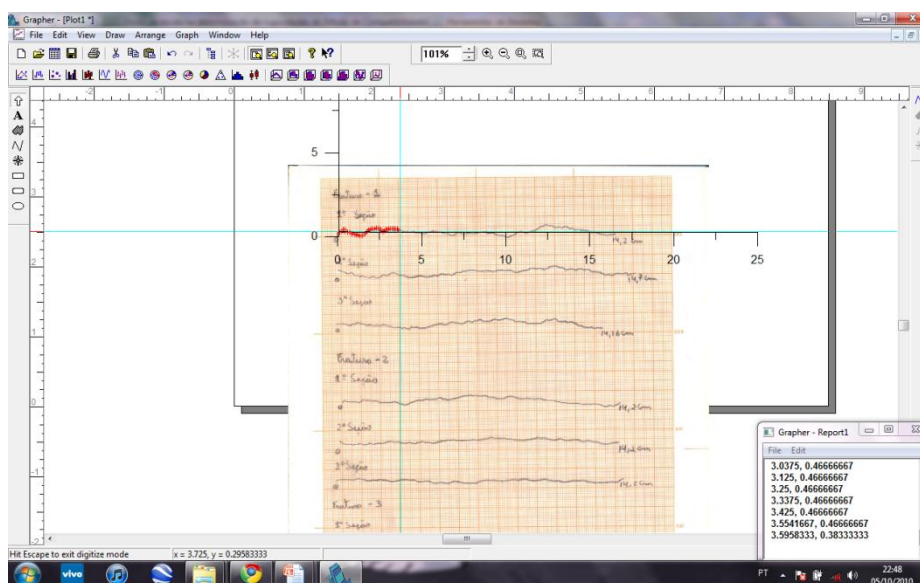


Para quantificar os perfis, usou-se o programa Grapher (figura14), onde se digitalizou manualmente cada perfil, obtendo-se diversos pontos, e com a ajuda da equação 16, obteve-se a média das amplitudes, determinando assim, quão rugoso é o perfil. Então foi feita uma tabela com todos os resultados para assim ser possível uma melhor análise do problema.

$$\sum \frac{|y_{n+1} - y_n|}{n^\circ \text{ de pontos}} \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

$y_n = \text{Anplitude da rugosidade}$



**Figura 14 - obtenção dos pontos com o programa Grapher.**

## 5. Resultados

Apresenta-se a seguir uma comparação entre os dados obtidos em Vila Isabel e aqueles obtidos no Pão de Açúcar e em Laranjeiras por Mendonça, Silva e Barroso (1997) e Perez (1994), respectivamente.

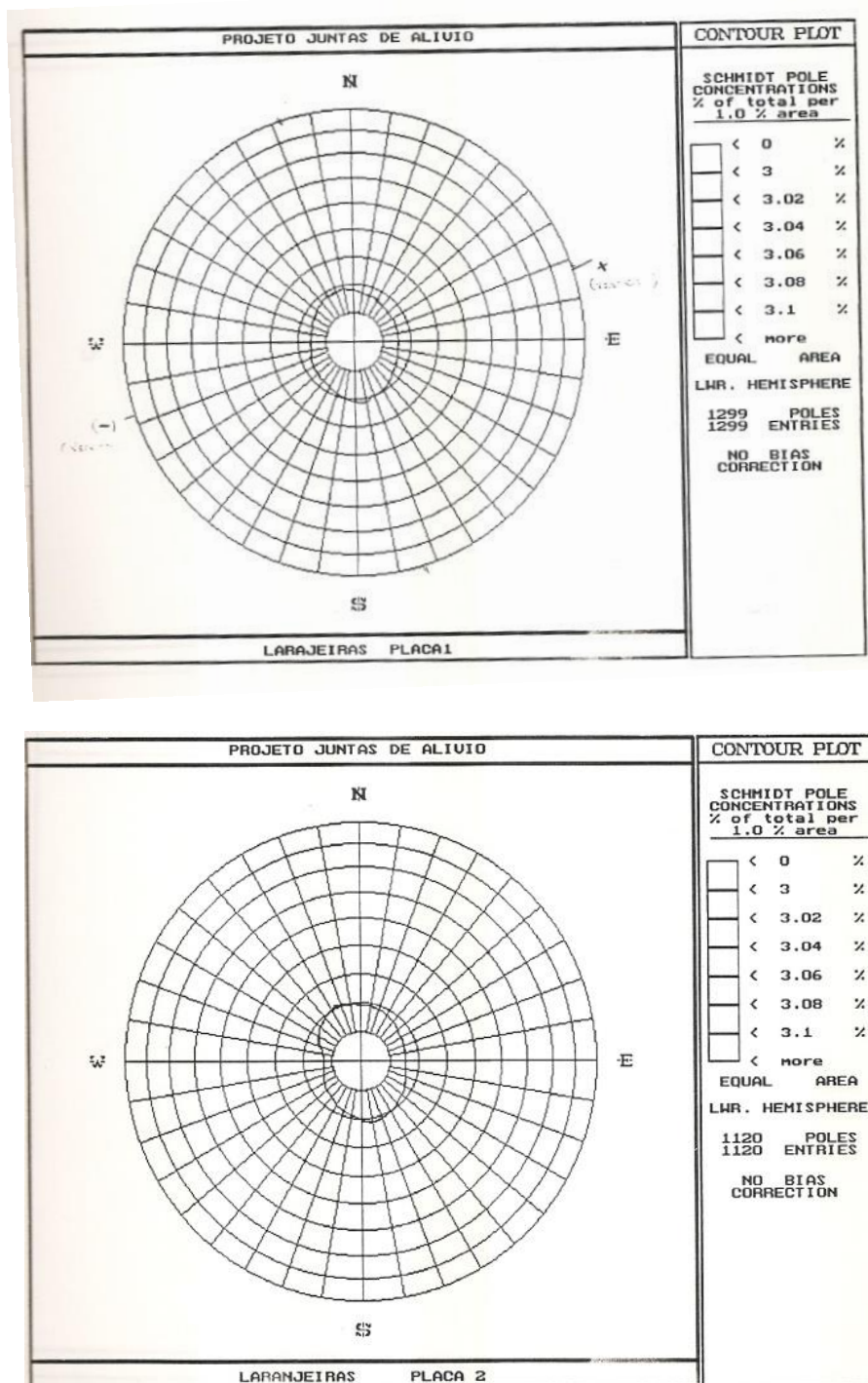


Figura 15 - Estereogramas de Laranjeiras – placa 1 (5,5 cm), placa 2 (11 cm) (Perez,1994)

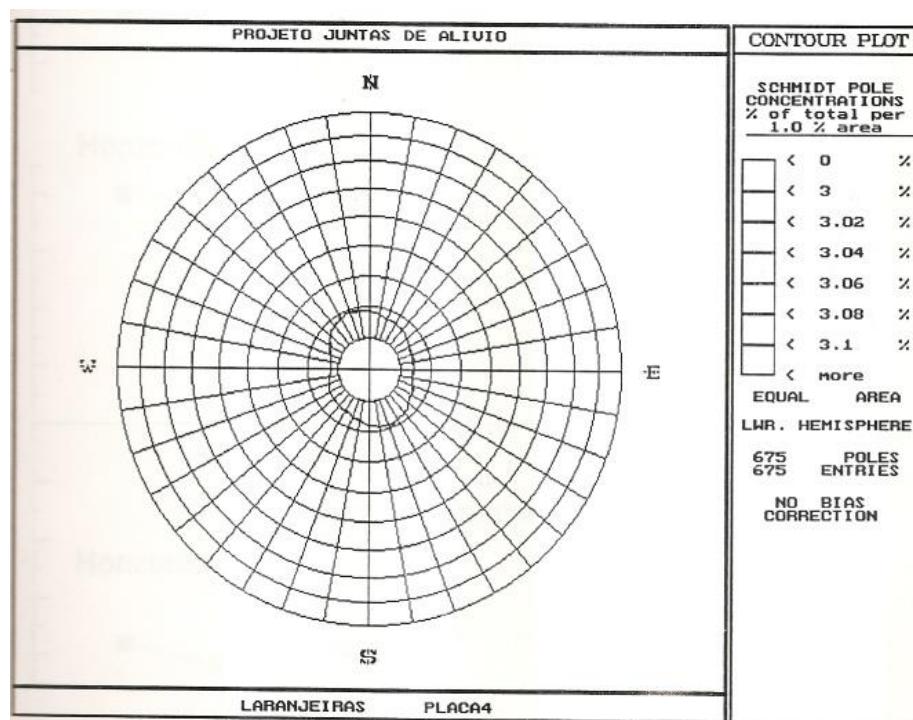
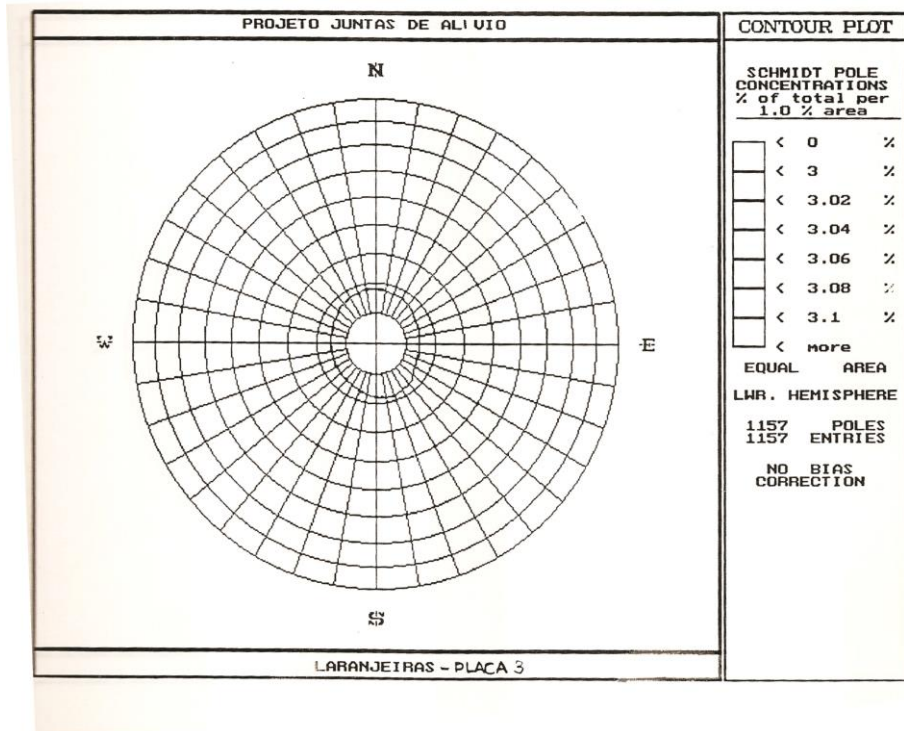
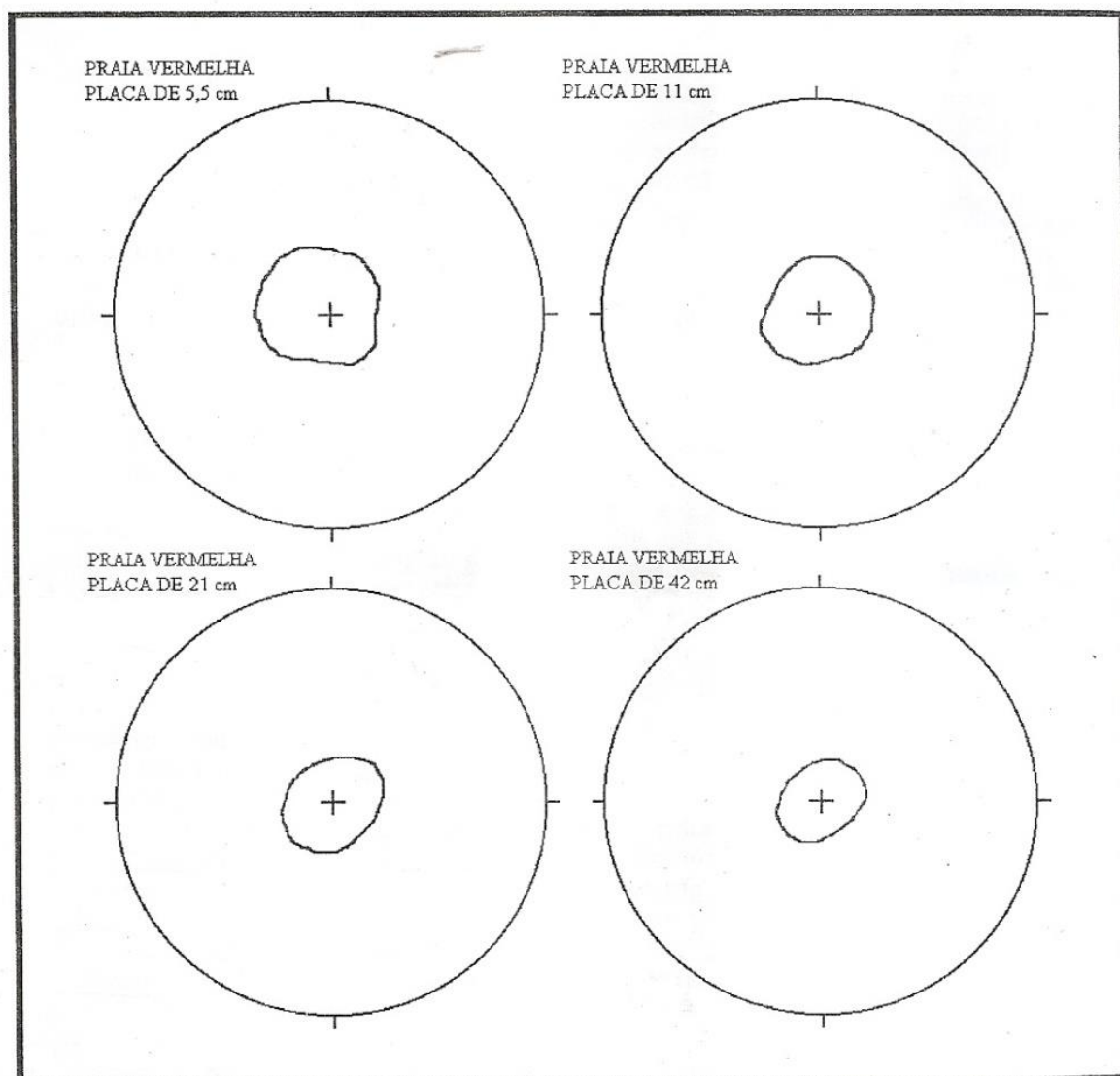
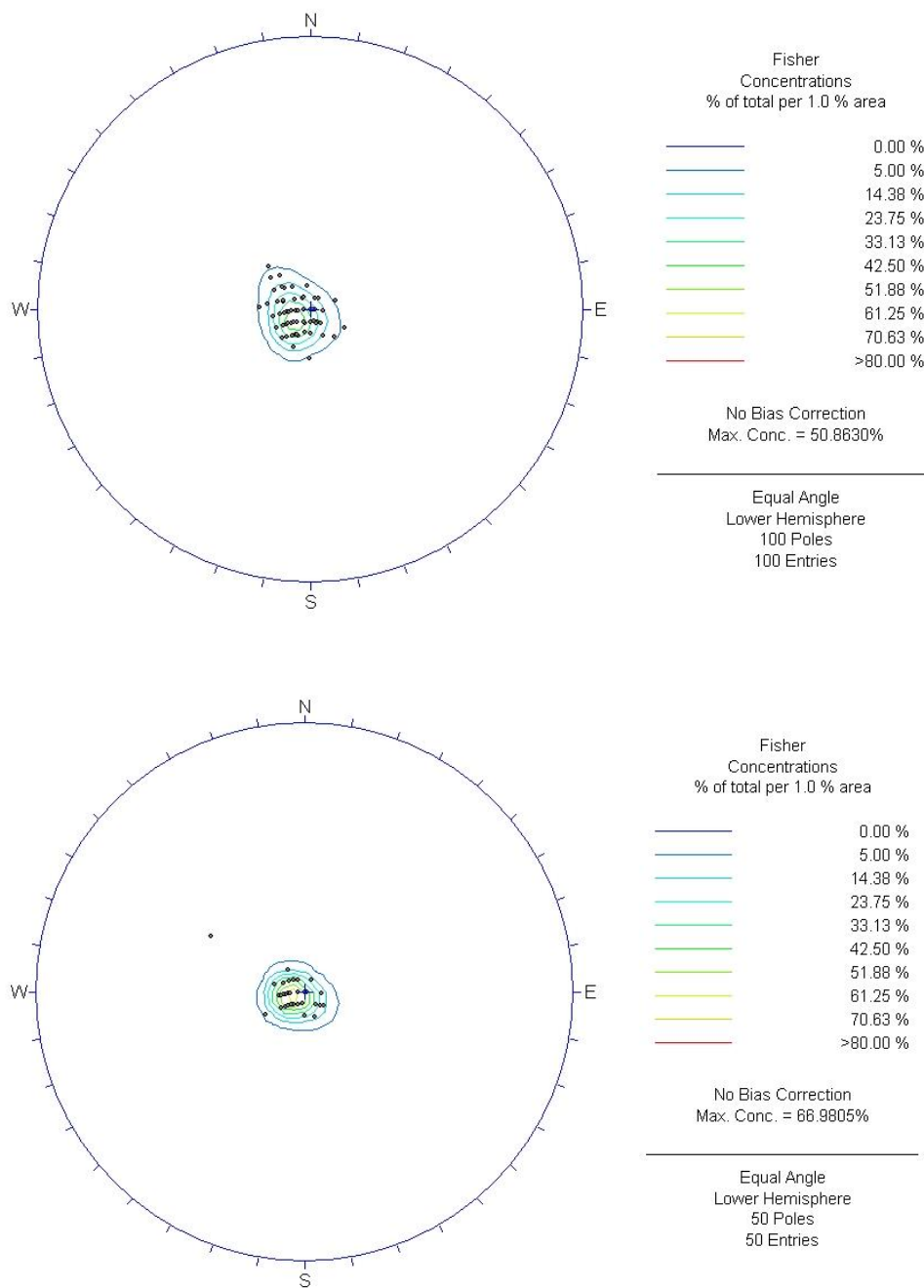


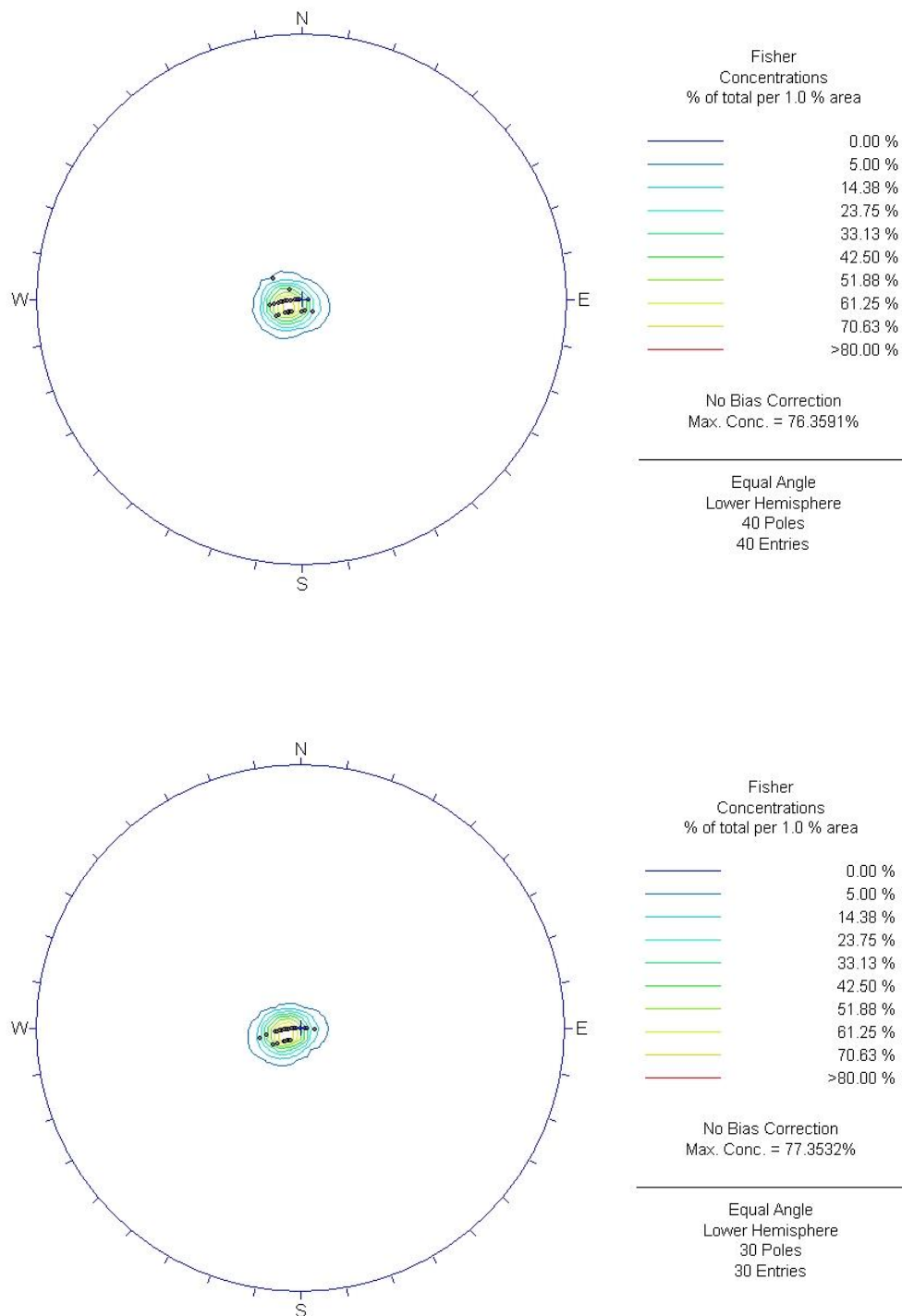
Figura 16 - Estereogramas de Laranjeiras – placa 3 (21 cm), placa 4 (42 cm)  
(Perez,1994)



**Figura 17 - Estereogramas do Pão de Açúcar (Mendonça, Silva, & Barroso, 1997)**



**Figura 18 – Estereogramas de Vila Isabel - Placa 1 (5,5cm) e Placa 2 (11,0cm)**



**Figura 19 - Estereogramas de Vila Isabel - Placa 3 (21,0cm) e Placa 4 (42,0cm)**



Segue abaixo os resultados das análises estatísticas:

Diâmetro da Placa (cm)	5,5	11	21	42
N	100	50	40	30
$\bar{R}$	98,176	49,404	39,810	29,867
$l_R$	-0,605	-0,550	-0,536	-0,542
$m_R$	0,049	-0,083	-0,096	-0,107
$n_R$	0,795	0,831	0,839	0,834
$\alpha_R$ (Rad.)	0,607	0,556	0,544	0,552
$\beta_R$ (Rad.)	-0,997	-0,989	-0,984	-0,981
$K_f$	54,834	83,841	211,049	226,004
$\bar{\psi}$	0,135	0,109	0,069	0,067
$\Psi(90\%-\circ)$	16,663	13,459	8,471	8,186
$\Psi(80\%-\circ)$	13,916	11,245	7,080	6,842

**Tabela 1 - Análise estatística (Vila Isabel)**

Diâmetro da Placa (cm)	5,5	11	21	42
N	625	625	625	375
$\bar{R}$	613,128	621,448	623,696	373,046
$l_R$	-0,441	-0,417	-0,402	-0,495
$m_R$	-0,383	-0,317	-0,315	-0,324
$n_R$	0,811	0,851	0,860	0,855
$\alpha_R$ (Rad.)	-2,427	-2,492	-2,477	-2,467
$\beta_R$ (Rad.)	0,947	1,019	1,035	1,026
$K_f$	45,528	112,934	189,745	391,938
$\bar{\psi}$	0,148	0,094	0,073	0,051
$\Psi(80\%-\circ)$	15,280	9,685	7,468	5,194
$\Psi(90\%-\circ)$	18,300	11,590	8,935	6,214

**Tabela 2 - Análise estatística Pão de Açúcar (Mendonça, Silva & Barroso, 1997)**

Diâmetro da Placa (cm)	5,5	11	21	42
N	1299	1120	1157	675
$\bar{R}$	1285,375	1107,303	1147,518	669,162
$l_R$	0,507	0,500	0,492	0,494
$m_R$	-0,165	-0,153	-0,207	-0,158
$n_R$	0,846	0,852	0,845	0,855
$\alpha_R$ (Rad.)	1,008	1,020	1,007	1,027
$\beta_R$ (Rad.)	-0,315	-0,297	-0,399	-0,309
$K_f$	95,342	88,216	122,033	127,422
$\bar{\psi}$	0,102	0,106	0,091	0,089
$\Psi(80\%-\circ)$	10,543	10,961	9,316	9,116
$\Psi(90\%-\circ)$	12,618	13,120	11,148	10,909

**Tabela 3 - Análise estatística Laranjeiras (Perez, 1994)**

As análises de alteração (tanto pela esclerometria quanto pela descrição macroscópica de alteração) a diferença entre os ângulos das fraturas encontrados e foliação da rocha e medidas feitas através da equação 10, originou a tabela 4:

Amostra	Medidas de rugosidade $\Sigma Y_{n+1} - Y_n /n^\circ$ de células	Média das medidas de rugosidade	Esclerometria	Descrição macroscópica	Ângulo entre foliação e fratura
SRI - 03 F1P1	0,0122	0,0112	53,7	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 19	75°
SRI - 03 F1P2	0,0100				
SRI - 03 F1P3	0,0112				
SRI - 03 F2P1	0,0087	0,0082	53	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 19	50°
SRI - 03 F2P2	0,0079				
SRI - 03 F2P3	0,0080				
SRI - 03F3P1	0,0087	0,0096	52,8	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 23	0°
SRI - 03F3P2	0,0110				
SRI - 03F3P3	0,0090				
SRI - 03F4P1	0,0041	0,0040	47,8	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 21	0°
SRI - 03F4P2	0,0033				
SRI - 03F4P3	0,0045				

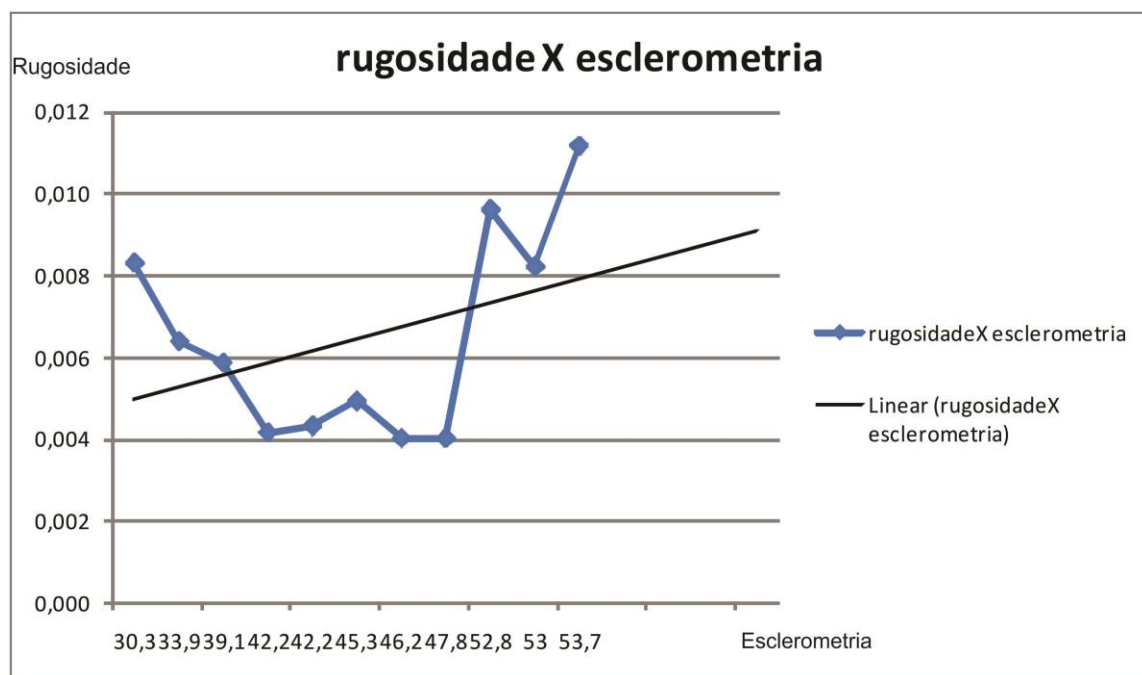


SRI - 03F5P1	0,0043	0,0049	45,3	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 21	0°
SRI - 03F5P2	0,0051				
SRI - 03F5P3	0,0054				
SRI - 03F6P1	0,0041	0,0040	46,2	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 20	0°
SRI - 03F6P2	0,0033				
SRI - 03F6P3	0,0046				
SRI - 03F7P1	0,0040	0,0042	42,2	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 22	80°
SRI - 03F7P2	0,0040				
SRI - 03F7P3	0,0046				
SRI - 03F8P1	0,0048	0,0043	42,2	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 19	20°
SRI - 03F8P2	0,0043				
SRI - 03F8P3	0,0039				
SRI - 03F9P1	0,0053	0,0047	-	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 22	0°
SRI - 03F9P2	0,0039				
SRI - 03F9P3	0,0048				
SRI - 03F10P1	0,0034	0,0036	-	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 22	60°
SRI - 03F10P2	0,0042				
SRI - 03F10P3	0,0033				
SRI - 03F11P1	0,0058	0,0057	-	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 22	35°
SRI - 03F11P2	0,0057				
SRI - 03F11P3	0,0057				
SRI - 03F12P1	0,0034	0,0038	-	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 19	90°
SRI - 03F12P2	0,0039				
SRI - 03F12P3	0,0040				
SRI -	0,0090	0,0083	30,3	Gnaiss facoidal, cinza, granulação	0°

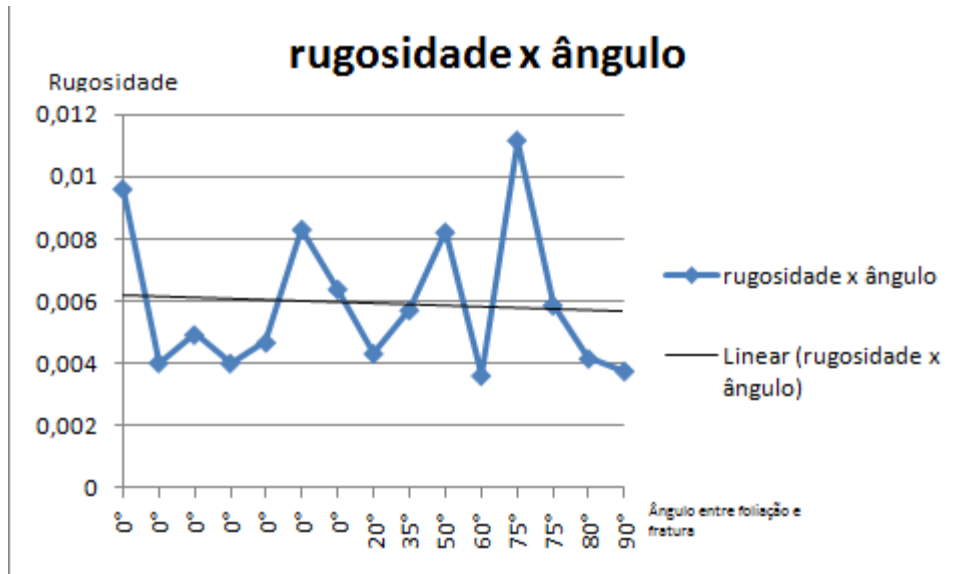
03F13P1				grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 22	
SRI - 03F13P2	0,0069				
SRI - 03F13P3	0,0089				
SRI - 03F14P1	0,0059	0,0059	39,1	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 22	75°
SRI - 03F14P2	0,0067				
SRI - 03F14P3	0,0050				
SRI - 03F15P1	0,0056	0,0064	33,9	Gnaiss facoidal, cinza, granulação grossa, com quartzo, feldspato (pórfiro), biotita e granada - alteração da rocha 26	0°
SRI - 03F15P2	0,0061				
SRI - 03F15P3	0,0075				

**Tabela 4 - Relações diversas descritas de um testemunho em Vila Isabel**

Desta tabela retiraram-se dois gráficos importantes para uma melhor visualização da influência dos atributos sobre a rugosidade:



**Figura 20 – Média das amplitudes de rugosidade x esclerometria**



**Figura 21 - Média das amplitudes de rugosidade x diferença do ângulo de fratura e foliação**

## 6. Conclusão

Pela análise dos resultados dos dados obtidos em campo comparando-os com os retirados dos trabalhos de Mendonça, Silva, & Barroso (1997) e Perez (1994) podemos comparar três atributos que poderiam influenciar nas medidas de rugosidade, sendo elas a textura, ângulo entre foliação/fratura e grau de alteração da rocha.

No primeiro atributo vimos que a influência existiu, devido as medidas que foram feitas tanto em Vila Isabel quanto no Pão de Açúcar ,ambos um gnaisse facoidal, apresentaram um efeito de escala, por sua vez as medidas feitas na área de Laranjeiras, leptinito com textura lâmina, não mostrou nenhum efeito de escala. O efeito de escala foi atribuído nos dois primeiros casos devido a textura da rocha , textura porfiritica, onde seus porfiros provocavam essa interferencia nas medidas em pequenas escalas tendo assim uma superestimação dos dados Medidos.

A relação do grau de alteração da rocha com a rugosidade, através do gráfico apresentado no capítulo 5 (figura 20) vimos certa tendência positiva, ou seja, quanto menos alterada está à rocha há a tendência de que os valores encontrados para a rugosidade sejam maiores.

Por fim, vimos uma ultima relação entre os valores de rugosidade encontrados e a diferença dos ângulos de foliação e fratura, neste caso não vimos influencia alguma sobre a rugosidade (figura 21), onde podemos notar que a sua reta de tendência está praticamente sem inclinação.

## 7. Referências Bibliográficas

- Barton, N. R. (1971). Estimation of in situ shear strength from back analysis of failed rock slopes. *Proc. Int. Symp on Rock Mech Rock Fracture*. Nancy, França.
- Barton, N. R. (1973). review of a new shear strength criterion for Rock Joints. El- servier.
- Barton, N. R., & Choubey, J. (1977). The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Praticce. *Rock Mechanics* , vol 10. p. 1-54.
- Fecker, E., & Rangers, N. (1971). Measurement of large scale roughnesses of rock planes by means of profilograph and geological compass. *SYMP. INT. SOC. ROCK MECH.*, (pp. 1-18). Nince, França.
- Mendonça, R. M., Silva, L. J., & Barroso, E. V. (10-14 de novembro de 1997). Um Estudo sobre a Variabilidade da Rugosidade de Juntas de Alívio em Gnaisse Facoidal do Município do Rio de Janeiro. *II PSL - 2nd Pan - Americam Symposium on Landslides* , pp. vol.1 521 - 526.
- Miller, R. P. (1965). *Engineering classification and index Properties for intact rock PhD Thesis*. University of Illinois.
- Patton, F. D. (1966). Multiple Modes of Shear Failure in Rock. *1st Int. Cong. Rock Mech.* , pp. v1 509-513.
- Perez, R. d. (1994). *Medidas de rugosidade em juntas de alivio em leptinito*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Rangers, N. (1970). Influence of Surface Roughness on the Friction Properties of Rock Planes. *INT. CONGR. SOC. ROCK MECHANICS, II*, (pp. 229-233). Belgrado.
- Reeves, M. J. (1985). Rock Surface Roughness and frictional strength . *Int. J. Roch Mech min. Sic & Geomech*. Abstr.
- Site
- Google, disponível em <http://maps.google.com.br>, acessado no dia 18/09/2010 às 20h29min.

## Anexo – Medidas – Vila Isabel

Placa 5,5cm

$\beta=^\circ$	$\beta=\text{Rad}$	$\text{Cos } \beta$	$\text{sen } \beta$	$\alpha=^\circ$	$\alpha=\text{Rad}$	$\text{Cos}\alpha$	$\text{Sen}\alpha$	L	M	N
178	3,107	-0,999	0,878	50	0,873	0,643	0,766	-0,642	0,564	0,766
165	2,880	-0,966	0,998	40	0,698	0,766	0,643	-0,740	0,764	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
175	3,054	-0,996	0,801	40	0,698	0,766	0,643	-0,763	0,614	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
175	3,054	-0,996	0,801	30	0,524	0,866	0,500	-0,863	0,694	0,500
165	2,880	-0,966	0,998	40	0,698	0,766	0,643	-0,740	0,764	0,643
165	2,880	-0,966	0,998	40	0,698	0,766	0,643	-0,740	0,764	0,643
170	2,967	-0,985	0,347	40	0,698	0,766	0,643	-0,754	0,266	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
155	2,705	-0,906	0,873	30	0,524	0,866	0,500	-0,785	0,756	0,500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
168	2,932	-0,978	0,997	30	0,524	0,866	0,500	-0,847	0,864	0,500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	2,845	-0,956	0,355	45	0,785	0,707	0,707	-0,676	0,251	0,707
160	2,793	-0,940	0,219	50	0,873	0,643	0,766	-0,604	0,141	0,766
160	2,793	-0,940	0,219	55	0,960	0,574	0,819	-0,539	0,126	0,819
160	2,793	-0,940	0,219	60	1,047	0,500	0,866	-0,470	0,110	0,866
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
155	2,705	-0,906	0,873	40	0,698	0,766	0,643	-0,694	0,669	0,643
160	2,793	-0,940	0,219	35	0,611	0,819	0,574	-0,770	0,180	0,574
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
167	2,915	-0,974	0,476	40	0,698	0,766	0,643	-0,746	0,364	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	2,845	-0,956	0,355	35	0,611	0,819	0,574	-0,783	0,291	0,574
160	2,793	-0,940	0,219	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,190	0,500
170	2,967	-0,985	0,347	40	0,698	0,766	0,643	-0,754	0,266	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
163	2,845	-0,956	0,355	35	0,611	0,819	0,574	-0,783	0,291	0,574
165	2,880	-0,966	0,998	40	0,698	0,766	0,643	-0,740	0,764	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	2,618	-0,866	0,715	45	0,785	0,707	0,707	-0,612	0,505	0,707
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
175	3,054	-0,996	0,801	45	0,785	0,707	0,707	-0,704	0,566	0,707
165	2,880	-0,966	0,998	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,864	0,500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
155	2,705	-0,906	0,873	45	0,785	0,707	0,707	-0,641	0,618	0,707
170	2,967	-0,985	0,347	45	0,785	0,707	0,707	-0,696	0,245	0,707
160	2,793	-0,940	0,219	40	0,698	0,766	0,643	-0,720	0,168	0,643
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
175	3,054	-0,996	0,801	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,656	0,574
165	2,880	-0,966	0,998	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,817	0,574
168	2,932	-0,978	-	30	0,524	0,866	0,500	-0,847	-	0,500

			0,997						0,864	
165	2,880	-0,966	0,998	50	0,873	0,643	0,766	-0,621	0,641	0,766
176	3,072	-0,998	0,071	45	0,785	0,707	0,707	-0,705	0,050	0,707
166	2,897	-0,970	0,483	40	0,698	0,766	0,643	-0,743	0,370	0,643
165	2,880	-0,966	0,998	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,864	0,500
170	2,967	-0,985	0,347	50	0,873	0,643	0,766	-0,633	0,223	0,766
164	2,862	-0,961	0,595	45	0,785	0,707	0,707	-0,680	0,421	0,707
165	2,880	-0,966	0,998	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,864	0,500
165	2,880	-0,966	0,998	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,817	0,574
			-							
175	3,054	-0,996	0,801	40	0,698	0,766	0,643	-0,763	0,614	0,643
176	3,072	-0,998	0,071	35	0,611	0,819	0,574	-0,817	0,058	0,574
165	2,880	-0,966	0,998	50	0,873	0,643	0,766	-0,621	0,641	0,766
			-							
173	3,019	-0,993	0,211	40	0,698	0,766	0,643	-0,760	0,161	0,643
165	2,880	-0,966	0,998	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,864	0,500
160	2,793	-0,940	0,219	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,190	0,500
179	3,124	-1,000	0,071	45	0,785	0,707	0,707	-0,707	0,050	0,707
166	2,897	-0,970	0,483	50	0,873	0,643	0,766	-0,624	0,311	0,766
160	2,793	-0,940	0,219	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,190	0,500
170	2,967	-0,985	0,347	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,300	0,500
			-							
155	2,705	-0,906	0,873	35	0,611	0,819	0,574	-0,742	0,715	0,574
			-							
180	3,142	-1,000	0,801	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,656	0,574
165	2,880	-0,966	0,998	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,817	0,574
170	2,967	-0,985	0,347	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,284	0,574
165	2,880	-0,966	0,998	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,817	0,574
			-							
167	2,915	-0,974	0,476	40	0,698	0,766	0,643	-0,746	0,364	0,643
165	2,880	-0,966	0,998	50	0,873	0,643	0,766	-0,621	0,641	0,766
			-							
200	3,491	-0,940	0,873	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,756	0,500
			-							
163	2,845	-0,956	0,355	25	0,436	0,906	0,423	-0,867	0,322	0,423
			-							
180	3,142	-1,000	0,801	30	0,524	0,866	0,500	-0,866	0,694	0,500
			-							
175	3,054	-0,996	0,801	30	0,524	0,866	0,500	-0,863	0,694	0,500
160	2,793	-0,940	0,219	40	0,698	0,766	0,643	-0,720	0,168	0,643
165	2,880	-0,966	0,998	50	0,873	0,643	0,766	-0,621	0,641	0,766
183	3,194	-0,999	0,709	35	0,611	0,819	0,574	-0,818	0,581	0,574
164	2,862	-0,961	0,595	45	0,785	0,707	0,707	-0,680	0,421	0,707
			-							
206	3,595	-0,899	0,975	35	0,611	0,819	0,574	-0,736	0,798	0,574
178	3,107	-0,999	0,878	20	0,349	0,940	0,342	-0,939	0,825	0,342
170	2,967	-0,985	0,347	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,300	0,500
170	2,967	-0,985	0,347	45	0,785	0,707	0,707	-0,696	0,245	0,707

190	3,316	-0,985	0,998	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,864	0,500
			-							-
180	3,142	-1,000	0,801	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,656	0,574
185	3,229	-0,996	0,347	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,284	0,574
165	2,880	-0,966	0,998	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,817	0,574
160	2,793	-0,940	0,219	45	0,785	0,707	0,707	-0,664	0,155	0,707
			-							-
173	3,019	-0,993	0,211	40	0,698	0,766	0,643	-0,760	0,161	0,643
			-							-
180	3,142	-1,000	0,801	40	0,698	0,766	0,643	-0,766	0,614	0,643
176	3,072	-0,998	0,071	40	0,698	0,766	0,643	-0,764	0,054	0,643
			-							-
175	3,054	-0,996	0,801	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,656	0,574
			-							-
163	2,845	-0,956	0,355	40	0,698	0,766	0,643	-0,733	0,272	0,643
165	2,880	-0,966	0,998	50	0,873	0,643	0,766	-0,621	0,641	0,766
			-							-
187	3,264	-0,993	0,997	40	0,698	0,766	0,643	-0,760	0,764	0,643
185	3,229	-0,996	0,347	45	0,785	0,707	0,707	-0,704	0,245	0,707
183	3,194	-0,999	0,709	45	0,785	0,707	0,707	-0,706	0,501	0,707
170	2,967	-0,985	0,347	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,300	0,500
160	2,793	-0,940	0,219	35	0,611	0,819	0,574	-0,770	0,180	0,574
185	3,229	-0,996	0,347	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,284	0,574
185	3,229	-0,996	0,347	45	0,785	0,707	0,707	-0,704	0,245	0,707
165	2,880	-0,966	0,998	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,817	0,574
			-							-
162	2,827	-0,951	0,978	35	0,611	0,819	0,574	-0,779	0,801	0,574
			-							-
163	2,845	-0,956	0,355	35	0,611	0,819	0,574	-0,783	0,291	0,574
184	3,211	-0,998	0,977	35	0,611	0,819	0,574	-0,817	0,800	0,574
160	2,793	-0,940	0,219	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,190	0,500
			-							-
167	2,915	-0,974	0,476	35	0,611	0,819	0,574	-0,798	0,390	0,574
183	3,194	-0,999	0,709	40	0,698	0,766	0,643	-0,765	0,543	0,643
			-							-
175	3,054	-0,996	0,801	30	0,524	0,866	0,500	-0,863	0,694	0,500
			-							-
169	2,950	-0,982	0,602	30	0,524	0,866	0,500	-0,850	0,521	0,500
			-							-
181	3,159	-1,000	0,936	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,767	0,574
190	3,316	-0,985	0,998	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,864	0,500
			-							-
163	2,845	-0,956	0,355	35	0,611	0,819	0,574	-0,783	0,291	0,574
170	2,967	-0,985	0,347	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,284	0,574
			-							-
182	3,176	-0,999	0,211	40	0,698	0,766	0,643	-0,766	0,161	0,643
			-							-
187	3,264	-0,993	0,997	35	0,611	0,819	0,574	-0,813	0,817	0,574
			-					-75,979	6,025	####



## Placa 11cm

$\beta=^\circ$	$\beta=\text{Rad}$	$\text{Cos } \beta$	$\text{sen } \beta$	$\alpha=^\circ$	$\alpha=\text{Rad}$	$\text{Cos}\alpha$	$\text{Sen}\alpha$	L	M	N
162	2,827	-0,951	0,309	35	0,611	0,819	0,574	-0,779	0,253	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	45	0,785	0,707	0,707	-0,696	0,123	0,707
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
145	2,531	-0,819	0,574	30	0,524	0,866	0,500	-0,709	0,497	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
163	2,845	-0,956	0,292	35	0,611	0,819	0,574	-0,783	0,239	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	40	0,698	0,766	0,643	-0,754	0,133	0,643
175	3,054	-0,996	0,087	30	0,524	0,866	0,500	-0,863	0,075	0,500
175	3,054	-0,996	0,087	30	0,524	0,866	0,500	-0,863	0,075	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
182	3,176	-0,999	0,035	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,029	0,574
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
182	3,176	-0,999	0,035	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,029	0,574
168	2,932	-0,978	0,208	35	0,611	0,819	0,574	-0,801	0,170	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
164	2,862	-0,961	0,276	30	0,524	0,866	0,500	-0,832	0,239	0,500
165	2,880	-0,966	0,259	40	0,698	0,766	0,643	-0,740	0,198	0,643
164	2,862	-0,961	0,276	35	0,611	0,819	0,574	-0,787	0,226	0,574
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
166	2,897	-0,970	0,242	35	0,611	0,819	0,574	-0,795	0,198	0,574
180	3,142	-1,000	0,000	25	0,436	0,906	0,423	-0,906	0,000	0,423
162	2,827	-0,951	0,309	35	0,611	0,819	0,574	-0,779	0,253	0,574
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
176	3,072	-0,998	0,070	40	0,698	0,766	0,643	-0,764	0,053	0,643
160	2,793	-0,940	0,342	40	0,698	0,766	0,643	-0,720	0,262	0,643
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	3,316	-0,985	0,174	25	0,436	0,906	0,423	-0,893	0,157	0,423
160	2,793	-0,940	0,342	35	0,611	0,819	0,574	-0,770	0,280	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
192	3,351	-0,978	0,208	35	0,611	0,819	0,574	-0,801	0,170	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	3,316	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
184	3,211	-0,998	0,070	40	0,698	0,766	0,643	-0,764	0,053	0,643
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
190	3,316	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
140	2,443	-0,766	0,643	67	1,169	0,391	0,921	-0,299	0,251	0,921
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
193	3,368	-0,974	0,225	30	0,524	0,866	0,500	-0,844	0,195	0,500
197	3,438	-0,956	-	30	0,524	0,866	0,500	-0,828	-	0,500

			0,292						0,253	
166	2,897	-0,970	0,242	30	0,524	0,866	0,500	-0,840	0,210	0,500
180	3,142	-1,000	0,000	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,000	0,574
178	3,107	-0,999	0,035	30	0,524	0,866	0,500	-0,865	0,030	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
162	2,827	-0,951	0,309	35	0,611	0,819	0,574	-0,779	0,253	0,574
			-						-	
190	3,316	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
160	2,793	-0,940	0,342	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,296	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
168	2,932	-0,978	0,208	30	0,524	0,866	0,500	-0,847	0,180	0,500
173	3,019	-0,993	0,122	40	0,698	0,766	0,643	-0,760	0,093	0,643

## Placa 21cm

$\beta=^{\circ}$	$\beta=\text{Rad}$	$\text{Cos } \beta$	$\text{sen } \beta$	$\alpha=^{\circ}$	$\alpha=\text{Rad}$	$\text{Cos } \alpha$	$\text{Sen } \alpha$	L	M	N
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,224	0,500
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,224	0,500
171	2,985	-0,988	0,156	40	0,698	0,766	0,643	-0,757	0,120	0,643
			-						-	
190	3,316	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
160	2,793	-0,940	0,342	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,296	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
160	2,793	-0,940	0,342	30	0,524	0,866	0,500	-0,814	0,296	0,500
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
169	2,950	-0,982	0,191	30	0,524	0,866	0,500	-0,850	0,165	0,500
178	3,107	-0,999	0,035	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,029	0,574
158	2,758	-0,927	0,375	30	0,524	0,866	0,500	-0,803	0,324	0,500
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
180	3,142	-1,000	0,000	30	0,524	0,866	0,500	-0,866	0,000	0,500
168	2,932	-0,978	0,208	30	0,524	0,866	0,500	-0,847	0,180	0,500
159	2,775	-0,934	0,358	35	0,611	0,819	0,574	-0,765	0,294	0,574
			-						-	
183	3,194	-0,999	0,052	30	0,524	0,866	0,500	-0,865	0,045	0,500
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
			-						-	
185	3,229	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
166	2,897	-0,970	0,242	35	0,611	0,819	0,574	-0,795	0,198	0,574
			-						-	
190	3,316	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500

167	2,915	-0,974	0,225	35	0,611	0,819	0,574	-0,798	0,184	0,574
			-							-
185	3,229	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
180	3,142	-1,000	0,000	30	0,524	0,866	0,500	-0,866	0,000	0,500
163	2,845	-0,956	0,292	45	0,785	0,707	0,707	-0,676	0,207	0,707
176	3,072	-0,998	0,070	35	0,611	0,819	0,574	-0,817	0,057	0,574
171	2,985	-0,988	0,156	35	0,611	0,819	0,574	-0,809	0,128	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
155	2,705	-0,906	0,423	35	0,611	0,819	0,574	-0,742	0,346	0,574
162	2,827	-0,951	0,309	35	0,611	0,819	0,574	-0,779	0,253	0,574
171	2,985	-0,988	0,156	30	0,524	0,866	0,500	-0,855	0,135	0,500
174	3,037	-0,995	0,105	35	0,611	0,819	0,574	-0,815	0,086	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,224	0,500

## Placa 42cm

$\beta=^\circ$	$\beta=\text{Rad}$	$\text{Cos } \beta$	$\text{sen } \beta$	$\alpha=^\circ$	$\alpha=\text{Rad}$	$\text{Cos}\alpha$	$\text{Sen}\alpha$	L	M	N
165	2,880	-0,966	0,259	30	0,524	0,866	0,500	-0,837	0,224	0,500
161	2,810	-0,946	0,326	35	0,611	0,819	0,574	-0,775	0,267	0,574
			-							-
183	3,194	-0,999	0,052	35	0,611	0,819	0,574	-0,818	0,043	0,574
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
148	2,583	-0,848	0,530	35	0,611	0,819	0,574	-0,695	0,434	0,574
177	3,089	-0,999	0,052	35	0,611	0,819	0,574	-0,818	0,043	0,574
167	2,915	-0,974	0,225	30	0,524	0,866	0,500	-0,844	0,195	0,500
153	2,670	-0,891	0,454	35	0,611	0,819	0,574	-0,730	0,372	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
172	3,002	-0,990	0,139	35	0,611	0,819	0,574	-0,811	0,114	0,574
			-							-
185	3,229	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
168	2,932	-0,978	0,208	35	0,611	0,819	0,574	-0,801	0,170	0,574
165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
			-							-
190	3,316	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
180	3,142	-1,000	0,000	35	0,611	0,819	0,574	-0,819	0,000	0,574
162	2,827	-0,951	0,309	35	0,611	0,819	0,574	-0,779	0,253	0,574
159	2,775	-0,934	0,358	30	0,524	0,866	0,500	-0,809	0,310	0,500
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	35	0,611	0,819	0,574	-0,807	0,142	0,574
168	2,932	-0,978	0,208	30	0,524	0,866	0,500	-0,847	0,180	0,500
175	3,054	-0,996	0,087	35	0,611	0,819	0,574	-0,816	0,071	0,574
166	2,897	-0,970	0,242	35	0,611	0,819	0,574	-0,795	0,198	0,574
170	2,967	-0,985	0,174	30	0,524	0,866	0,500	-0,853	0,150	0,500
166	2,897	-0,970	0,242	35	0,611	0,819	0,574	-0,795	0,198	0,574
155	2,705	-0,906	0,423	30	0,524	0,866	0,500	-0,785	0,366	0,500
171	2,985	-0,988	0,156	30	0,524	0,866	0,500	-0,855	0,135	0,500

165	2,880	-0,966	0,259	35	0,611	0,819	0,574	-0,791	0,212	0,574
169	2,950	-0,982	0,191	35	0,611	0,819	0,574	-0,804	0,156	0,574
168	2,932	-0,978	0,208	35	0,611	0,819	0,574	-0,801	0,170	0,574
173	3,019	-0,993	0,122	35	0,611	0,819	0,574	-0,813	0,100	0,574