



*Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário*  
*Centro de Formação Agrária – CFA*

**MONOGRAFIA**

**QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO SUPERFICIAL E DE FUNDO NA ILHA DE SÃO NICOLAU. CASO DE ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA GRANDE – FAJÃ**



Elaborado por:  
**Manuel da Luz Livramento**

Orientador:  
**António Advino Sabino**


**São Jorge das Órgãos, Outubro de 2008**

*Manuel da Luz Livramento*

**CONSERVAÇÃO DE SOLOS E MOBILIZAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS  
BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA GRANDE/FAJÃ**

LICENCIATURA EM ENGENHARIA RURAL

*Membros do Júri*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

São Jorge, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ d e 2008

## DECLARAÇÃO DO AUTOR

Este Relatório foi submetido como requisito parcial para a obtenção de um diploma de Licenciatura no Centro de Formação Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário INIDA em S. Jorge e será depositado na Biblioteca do INIDA afim de poder ser consultado segundo as regras desta Biblioteca.

Algumas citações deste relatório serão permitidas sem uma autorização especial desde que a fonte seja devidamente reconhecida. No entanto citações mais longas ou a cópia total deste relatório deverão ser autorizadas pelo Centro de Formação do INIDA ou pelo autor.

Assinatura Manuel da Luz Livramento

APROVAÇÃO DO COORDENADOR DO RELATÓRIO

Este Relatório foi aprovado nesta data:



António Advino Sabino  
Engenheiro Agrónomo

28/09/08

Data

## DEDICATÓRIA

À minha esposa e meus filhos pelo amor e carinho que sempre me dedicaram ao longo de todos  
esses anos, dedico este trabalho

## ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Agroclimatologia das Bacias Hidrográficas .....	3
1.1.1	Parâmetros agroclimáticos.....	3
1.1.2	As séries de precipitações máximas diárias.....	3
2	HIDROLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO .....	5
2.1	Análise Estatística das Precipitações Máximas Diárias.....	6
2.2	Determinação dos Caudais de Ponta de Cheia das Bacias Hidrográficas .....	7
2.2.1	Volume de escoamento superficial ou precipitação útil (Q) .....	7
2.3	Tempo de concentração (TC) .....	7
2.3.1	Caudais de Ponta de Cheia das Bacias Hidrográficas .....	8
2.3.2	Secções de escoamento das possíveis obras de arte e dos descarregadores de máxima cheia	9
2.3.3	Obras de arte:.....	9
2.3.4	Descarregadores de máxima cheia: .....	9
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1	Descrição dos sítios experimentação .....	15
3.2	Colector e tina de recepção.....	16
3.3	Procedimento de pesquisa.....	16
4	ÁREA DE ESTUDO .....	18
4.1	Características Fisiográficas .....	18
5	DESCRIÇÃO DOS MODELOS .....	21
5.1	Equação Universal de Perdas de Solo .....	21
5.2	Quantificação da erosão de fundo.....	24
6	RESULTADOS .....	25
6.1	Quantificação da Erosão de Fundo .....	25
6.2	Quantificação da Erosão Superficial .....	31
7	CONCLUSÕES .....	35
8	BIBLIOGRAFIA.....	36
9	ANEXOS .....	39

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Bacia hidrográfica da Ribeira Grande – Fajã, ilha de São Nicolau.....	20
Figura 2 - Histograma das precipitações máximas diárias (Estação meteorológica de Cachaço – São Nicolau, 1964 - 2004).....	50
Figura 3 - Ajustamento á lei de distribuição Normal, ou de Laplace-Gauss (precipitações máximas, Estação meteorológica de Cachaço – São Nicolau, 1964 - 2004) .....	50
Figura 4 - Correlação estatística entre as precipitações máximas diárias e precipitações médias anuais (Estação meteorológica de Cachaço – São Nicolau, 1964 - 2004).....	51

**ÍNDICE DE QUADRO**

Quadro 1: Valores das secções de escoamento e características das obras de arte calculadas em função dos caudais de ponta de cheias considerando um período de retorno de 50 anos .....	14
Quadro 24: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia hidrográfica da Ribeira da Graça	27
Quadro 3: Melhoria das condições da bacia hidrográfica da Ribeira Brava em termos de recursos hídricos após a implementação do projecto.....	29

## AGRADECIMENTOS

Ao terminar este modesto trabalho, que constitui o relatório do meu estágio, queria deixar bem expresso a minha gratidão a Deus pela saúde e oportunidade que me concedeu de encontrar com pessoas, que dum forma ou outra, durante o período de estágio deram as suas colaborações na realização desse trabalho aos quais queria exprimir os meus sinceros agradecimento e também á minha família.

Agradeço ao Senhor Engenheiro António Advino Sabino, meu professr e orientador do estágio, pelo apoio e interesse demonstrado ao longo do mesmo e pela orientação que se dignou dar a este trabalho

Agradeço aos meus caros colegas, alunos da Engenharia Rural e do Ambiente, principalmente aos colegas Jaílson Bientud, Polídio Morais, os quais sempre me apresentaram boa disponibilidade em me apoiarem nas horas de preparação dos exames

Agradecimento à Dr<sup>a</sup> Madalena Neves, Ministra do Ambiente Desenvolvimento Rural e Pescas, pelo financiamento da componente investigação.

Agradecimento à DGASP Director Geral na sua pessoa Senhor Ermitério Olavo Lopes Ramos

Agradecimento à Delegação do MDRM de São Nicolau ao Senhor Engenheiro Adilson César Fortes Dias Melício pelas facilidades concedidas desde 1<sup>a</sup> hora por ter financiado, e até a realização deste projecto

Agradeço aos Senhores João Rosa Araújo e José Joaquim Soares por terem cedidos os terrenos nas localidades de Lombo Pelado e Canto Fajã, porque sem os terrenos não se podia executar o projecto

Agradeço aos Senhores Angelino Gomes, Aureliano Ramalho e Aureliano Neves, sempre me ajudou nos meus trabalhos á qualquer hora do dia.

Agradecimento aos funcionários do laboratório por terem apoiado na elaboração das amostras análise porque sem elas não conseguiria fazer esse trabalho.

E para concluir queria endereçar a minha mais sincera gratidão à Direcção do Centro Formação do I.N.I.A, aos funcionários, pessoal da cozinha, guardas que pôs á minha disposição durante esse período de quatro (4) anos.

## APRESENTAÇÃO

Respeitando as normas estabelecidas no regulamento do estágio, tenho a honra de apresentar mui respeitosamente este modesto trabalho que constitui o relatório final do estágio, ao Gestor do Centro Formação do I.N.I.D.A., e ao conselho técnico pedagógico.

Contando com a acostumada colaboração, queria endereçar ao Gestor e ao corpo docente do Centro a minha mais sincera gratidão, pelos sábios e perfeitos ensinamentos que me foram transmitidos ao longo desses quatro anos.

## RESUMO

A produção agrícola em Cabo Verde é condicionada por diversos factores destacando-se os factores climáticos e a má gestão dos solos. Estudos levados a cabo mostram que, mesmo nos anos de precipitações relativamente abundantes e bem distribuídas no espaço e no tempo, os valores da produção agrícola (milho e feijão sobretudo) nas encostas, na ausência de dispositivos anti-erosivos, não ultrapassam os 300 kg/ha. Entretanto, nas áreas tratadas com técnicas de conservação do solo e água a produção do milho, por exemplo, pode atingir valores da ordem dos 1600/kg/ha (Sabino e tal, 1989). Este trabalho visa fazer uma primeira tentativa de quantificação de erosão superficial pela aplicação da Equação Universal De Perda de Solos (Wishmeyer eu al,) e da erosão de fundo pelos recursos ao modelo proposto por Sabino (1984). Instrumentos científicos foram instalados e parcelas de ensaio nas áreas de Canto de Fajã e Lombo Pelado foram preparadas para a condução dos ensaios seguindo os padrões técnicos recomendados. O impacto das técnicas de conservação do solo e água na redução da erosão, escoamento superficial e produção agrícola (milho (*Zea mays L.*) e feijão pedra (*Dolichos lablab*) nas parcelas foi também estudado. Os resultados de produção agrícola só poderão ser apresentados posteriormente em virtude do tempo que dispomos para apresentar este relatório de fim de curso. Igualmente, a colecta de mais dados para o cálculo da erosão superficial serão continuados com o apoio do Instituto Nacional Investigação para o Desenvolvimento Agrário.

## 1 INTRODUÇÃO

Em Cabo Verde a problemática da erosão torna-se cada vez mais premente devido ao frágil ecossistema do país. Factores de ordem edafo-climático, têm contribuído ao longo dos anos para a degradação física dos solos das encostas onde o declive é muito acentuado (> 40 %). A pressão humana sobre os solos é também significativa o que tem contribuído de um modo geral para o aceleramento contínuo da degradação do meio biofísico.

O problema da erosão agrava-se ainda mais, dado que Cabo Verde situa-se numa zona saheliana caracterizada por uma pluviometria escassa e por vezes agressiva e uma evolução lenta dos solos. Urge portanto preservar esse recurso, através de medidas adequadas que promovem uma agricultura sustentável quer nas encostas (sequeiro) quer nos fundos das ribeiras (regadio). Desde a independência, Cabo Verde, através de vários Governos tem despendido esforços financeiros e humanos na conservação de solos e água. Vários têm sido os programas e projectos cujo objectivo primordial é o de conservar e proteger as bacias hidrográficas contra a degradação ecológica. Contudo, é de realçar que a luta contra a desertificação não poderá resumir-se apenas às construções de estruturas de conservação. Há que investir na sensibilização/educação da população sobre a problemática da protecção dos recursos naturais, particularmente na defesa contra a erosão acelerada de modo que todos possam minimizar o impacto do homem na degradação do meio.

Todas as técnicas de conservação de solo e água que abordaremos mais adiante no corpo do relatório, terá como objectivo:

- Proteger o solo contra a erosão acelerada;
- Melhorar as condições ecológicas do meio;
- Minimizar o efeito do impacto da chuva;
- Reduzir a velocidade das águas do escoamento superficial;
- Estabilizar as encostas e favorecer o estabelecimento da vegetação, especialmente a montante das sub-bacias, e por fim promover a recarga dos aquíferos da zona da Galeria, que vem tornando dia a dia empobrecidos.

Para Cabo Verde, onde as características geográficas, climáticas, pedomorfológicas, demográficas e a acção do homem com a natureza (provocando erosão acelerada), são factores decisivos que beneficiam mal a natureza cabo-verdiana, pensamos, que o conhecimento das técnicas de conservação de solo e água, devem ser aproveitadas por todos os que participam no

desenvolvimento rural em especial, e também no mundo urbano, pois queremos viver num ecossistema equilibrada e produtivo, como consequência de todas as actividades hidrológicas e agronómicas, que se operam dentro duma bacia hidrográficas.

## 1.1 Agroclimatologia das Bacias Hidrográficas

### 1.1.1 Parâmetros agroclimáticos

As bacias hidrográficas são caracterizadas por vários microclimas que vão desde árido a jusante onde  $PMA/EVP=0.25 < 1$  a semi-árido, sub-húmido e húmido nos pontos mais a montante. As culturas dominantes são as culturas pluviais (milho e feijões), raízes, tubérculos e fruteiras nas zonas intermédias e altas. Com a implementação do Projecto de Fajã logo após a independência e, mais recentemente, com a introdução e melhoria das técnicas de rega e intensificação dos sistemas de "water harvesting/runoff farming", as culturas hortícolas, a banana, a mandioca e outros tubérculos ganharam um certo peso na economia da ilha. A montante pratica-se, impropriamente, a cultura de sequeiro na estação das chuvas em áreas com acentuado declive, mais vocacionadas para a conservação de solo e água, florestação e agro-florestação. Convém, contudo, realçar que a prática de agricultura consociada com fruteiras e essências florestais começam a ganhar expressão graças as actividades das sucessivas Delegações Regionais do Ministério de Ambiente, Agricultura e Pescas.

A temperatura, humidade relativa, a pluviosidade e a evapotranspiração variam com a altitude e verifica-se que, de uma maneira geral, a evapotranspiração é sempre superior a precipitação, embora durante o período de Agosto a Outubro haja uma compensação devido ao aumento de precipitações que não deixam de continuar a ser inferiores a evapotranspiração na sua globalidade.

### 1.1.2 As séries de precipitações máximas diárias

As séries temporais de precipitações máximas diárias obtidas das estações e postos pluviométricos das bacias hidrográficas localizadas a montante da área do projecto, Cachaço e Fajã estão indicadas no Anexo 4. Elas foram utilizadas para gerar os caudais de ponta de cheia como veremos mais adiante. As conversões das precipitações máximas diárias em caudais de ponta de cheia foram feitas pela utilização do modelo conceptual proposto pelo SCS-USDA (1974) considerando períodos de retorno de 20 anos, 50 anos, e 100 anos respectivamente (Sabino, 2006). As precipitações e os caudais de escoamento superficial calculadas usando a lei de distribuição normal ou de Laplace-Gauss e o modelo conceptual SCS-USDA (1974) respectivamente. Os Quadros 2-3 ilustram os resultados de cálculo efectuados por Sabino et al (2006).

Quadro 1: Calculo dos caudais de ponta de cheia nas secções de escoamento das bacias hidrográficas para o período de retorno, Tr., de 50 anos

Bacias hidrográficas	Áreas (ha)	Precipitação (mm)	Tempo concentração (h)	Intensidade média (mm/s)	Caudal ponta cheia (m <sup>3</sup> /s)
R. de Trago	144	220	0.30	0.2037	38.28
R de Fundo A. Lopes	275	220	0.30	0.2037	73.12
R. Lombo da Graça	111	220	0.22	0.2778	30.56
R. de Chafariz	0.75	220	0.17	0.3595	20.80
R. de Nica	1.05	220	0.17	0.3595	29.47
R. de Pico Agudo	1.90	220	0.23	0.2657	50.69
R Grande Jusante	200	220	0.40	0.1528	40.51
Totais	733.7	220	1.79	1.8227	283.43
Média	104.81	220	0.26	0.2604	40.49

Os cálculos foram feitos mediante a utilização do método conceptual (USDA-SCS; 1974)

Fonte: Sabino (2006)

Quadro 2: Precipitações médias anuais diárias calculadas em função dos períodos de retorno, Tr., de 20, 50, e 100 anos (localidades para implantação de obras de arte)

Bacias hidrográficas	Período de retorno, Tr. De 20anos		Período de retorno, Tr. De 50anos		Período de retorno, Tr. de 100anos	
	PmáxD	PmedA	PmáxD	PmedA	PmáxD	PmedA
R. de Trago	220		270		290	
R de Fundo A. Lopes	220		270		290	
R. Lombo da Graça	220		270		290	
R. de Chafariz	220		270		290	
R. de Nica	220		270		290	
Pico de Pico Agudo	220		270		290	
R.Grande Jusante	220		270		290	

Fonte: Sabino (2006)

Quadro 3: Caudais de escoamento superficial para o conjunto das bacias hidrográficas para implementação de obras de arte, considerando períodos de retorno de 20 anos, 50 anos e 100 anos respectivamente

Bacias hidrográficas	Período de retorno, Tr. De 20 anos	Período de retorno, Tr. de 50anos	Período de retorno, Tr. de 100anos
R. de Trago	38.28	47.14	50.69
R de Fundo A. Lopes	73.12	90.04	96.82
R. Lombo da Graça	30.56	37.61	40.43
R. de Chafariz	20.80	25.63	27.57
R. de Nica	29.47	36.25	38.97
R. de Pico Agudo	50.69	66.14	71.18
R Grande Jusante	40.51	57.96	62.27

Os caudais de ponta de cheia foram calculados pelos, modelos conceptual proposto pelo SCS-USDA

Fonte: Sabino (2006)

## 2 HIDROLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo hidrológico tem como objectivo principal fornecer os caudais de ponta de cheia das principais bacias hidrográficas da área de estudo para o cálculo dos descarregadores de superfície das pequenas infra-estruturas hidroagrícolas (pequenas barragens de retenção), diques de correcção do leito de ribeiras ou de espalhamento, canais de diversão e obras de arte para a execução de cheias (Sabino, 2006).

Registos de séries de precipitações médias anuais diárias (séries temporais de dimensão igual a 38 anos) obtidos dos postos pluviométricos mais próximo foram utilizados para o processamento estatístico e probabilístico como também para a determinação das precipitações médias mensais. Tratando-se de séries muito representativas, para uma melhor interpretação dos dados traçou-se os histogramas representativos das frequências. O teste de ajustamento de S-K, Smirnov e Kolmogorov foi utilizado para a escolha do modelo de distribuição, "model of the best fit (Sabino, 2006).

Calculou-se no estudo de Sabino (2006) os valores dos caudais de ponta de cheia para períodos de retorno de 20 anos, 50 anos e 100 anos. Contudo, para as infra-estruturas de correcção do leito de ribeiras aconselha-se a utilização dos caudais de ponta com períodos de retorno, Tr. não inferior a 20 anos.

Mas para obras de arte tipo de túneis, aquedutos, pequenas e médias barragens hidroagrícola localizadas não a montante de aglomerados populacionais, aconselha-se a utilização de valores de Tr-50 anos e 100 anos respectivamente.

Para a conversão das precipitações máximas diárias em caudais de ponta de cheia os dois modelos abaixo indicados foram propostos:

1. O modelo proposto pelo SCS-USDA (1974) que se baseia nas condições de superfície nos grupos hidrológico do solo e,
2. O modelo conceptual por ser o mais complexo e perfeito por considerar uma série de parâmetros obtidos da bacia hidrográfica em estudo foi utilizado para a conversão das precipitações máximas diárias em caudais de ponta de cheia (Sabino 2006).

## **2.1 Análise Estatística das Precipitações Máximas Diárias**

A interpretação estatística da distribuição das precipitações máximas diárias foi feita pela aplicação da lei de Gumbel ou de distribuição assintótica de tipo I e pela lei de distribuição de Laplace – Gauss, cuja densidade de probabilidade e a função de distribuição têm respectivamente as seguintes equações:

As rectas teóricas de ajustamento a lei de Laplace- Gauss foram calculadas com o recurso ao “Software, SPSS 11- Social Package for Social Science versão 11 for Micro Computers.” (Sabino, 2006). Anexo 1 ilustra o histograma das precipitações máximas diárias para as séries temporais de 1945-2004 e Anexo 2 a recta de teórica de ajustamento à lei de distribuição Normal ou de Laplace- Gauss.

## 2.2 Determinação dos Caudais de Ponta de Cheia das Bacias Hidrográficas

### 2.2.1 Volume de escoamento superficial ou precipitação útil (Q)

Para a determinação do volume de escoamento ou precipitação útil, **Q**, em milímetros, a partir das precipitações máximas diárias, **Ppt**, em milímetros, considerou-se um período de retorno de 20 anos, 50 anos e 100 anos, que fornecem valores bastantes seguros para infra-estruturas hidráulicas de engenharia, obras de arte e aquedutos, conservação do solo, e água e mesmo para pequenas barragens hidroagrícola (50-100 anos), situadas não a montante de povoações ou comunidades rurais (Sabino, 2006).

O valor do volume de escoamento é função da máxima retenção potencial, **S**, e da abstracção inicial ou perdas iniciais das chuvadas antes de se iniciar o processo de escoamento superficial (**I = 0.2s**).

Os valores da máxima retenção potencial, da abstracção inicial e do volume de escoamento são dadas pelas seguintes expressões:

$$S = (5,080/CN) - 50.8 \quad (1)$$

$$I = 0, 2S \quad (2)$$

$$Q = (Ppt - I) 2 / (Ppt + 4I) \quad (3)$$

Ou então:

$$QBHT = \frac{Abh1 * Qbh1 + Abh2 * Qbh2 + Abh3 * Qbh3 + \dots + Abhn * Qbhn}{ABHT} \quad (4)$$

Em que:

**QBHT**= volume total de escoamento

**ABHT**= área total da bacia hidrográfica, em km<sup>2</sup>;

**Abhi**= contribuição de cada uma das sub-bacias para o volume de escoamento total em mm;

**I** = número de sub-bacias hidrográficas consideradas;

## 2.3 Tempo de concentração (TC)

Para o cálculo do caudal de ponta de cheia torna-se necessário a determinação do tempo de concentração. A seguinte expressão foi usada neste presente estudo:

$$T_c = 3.24 \cdot 10^{-4} \cdot L^{1.15} / H^{0.38} \quad (5)$$

Em que:

$T_c$  = tempo de concentração ou tempo característico da bacia Hidrográficas horas;

$L$  = comprimento do curso de água principal, em metros;

$H$  = desnível entre o ponto mais alto da bacia hidrográfica e a secção do curso de água tomada como referência, em metros.

### 2.3.1 Caudais de Ponta de Cheia das Bacias Hidrográficas

Para a determinação do caudal específico de ponta de cheia utilizamos o método conceptual proposto por Soil Conservation Services of United States Departamento of Agriculture (SCS-USDA 1974)

$$Q_p = q_p \times A = \frac{k \times Q \times A}{480.6 \times (0.6 + 0.5D)} \quad (6)$$

$Q_p$  = caudal de ponta de cheia, em  $m^3/s$

$q_p$  = caudal específico de máxima cheia em  $m^3/s/ha$ ;

$A$  = área da bacia, em hectares

$D$  = duração da chuvada, em horas;

$T_c$  = tempo de concentração, em horas;

$Q$  = precipitação útil ou o volume de escoamento, em mm;

$K$  = coeficiente função do declive (0.75 a 1.00)

Os valores dos números de escoamento, **CN**, da bacia hidrográfica foram calculados em função das condições de superfícies e dos grupos hidrológicos do solo, a máxima retenção potencial,  $S$ , e a abstracção inicial,  $I$ , estão ilustradas no Quadro 5 e os valores dos volumes de escoamento,  $Q$ , dos caudais de ponta de cheia,  $Q_p$ , calculados a partir de parâmetros fisiográficos e hidrológicos das bacias hidrográficas, considerando períodos de retornos, 100 anos respectivamente estão ilustrados no Quadro 6

### 2.3.2 Secções de escoamento das possíveis obras de arte e dos descarregadores de máxima cheia

#### 2.3.3 Obras de arte:

As secções de escoamento e as características das obras de arte foram calculadas em função dos caudais de ponta cheia considerando um período de retorno de,  $Tr.$ , de 100 anos. Contudo, as secções de escoamento obtidas devem ser ampliadas para se adaptarem as configurações geomorfológicas do terreno (Sabino, 2006). Para os cálculos utilizou-se a fórmula de Manning-Strickler.

$$Q_p = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (7)$$

**Q<sub>p</sub>** = caudal no canal, em m<sup>3</sup>/s

**n** = coeficiente de rugosidade de Manning;

**A** = área da secção transversal, em metros quadrados;

**R** = raio hidráulico, em metros;

**S** = declive de energia, metros por metro.

#### 2.3.4 Descarregadores de máxima cheia:

Tratando-se de descarregadores de soleira espessa, ou seja com  $e \geq 0.66 h$ , utilizar a seguinte expressão para o respectivo dimensionamento:

$$Q = 1.71 bh^{3/2} \quad (8)$$

Sendo:

**Q**= caudal de ponta cheia em m<sup>3</sup>/s;

**b** = distancia entre espaldas em m;

**h** = altura dos descarregadores.

Esta expressão obtém-se considerando um descarregador de parede suficientemente espessa para que na veia aderente se estabeleça o paralelismo dos filetes.

Os valores dos volumes de escoamento,  $Q$ , dos caudais de ponta cheia,  $Q_p$ , calculados a partir de parâmetros fisiográficos e hidrológicos das bacias hidrográficas contempladas pelo projecto considerando períodos de retorno,  $Tr$ , de 50 anos. As secções de escoamento e as dimensões dos descarregadores de máxima cheia calculados em função dos caudais de ponta de cheias para o período de retorno de 50 anos estão ilustrados nos Quadros 4-8.

Quadro 4: Valores dos números de escoamento (CN) das Sub-Bacias Hidrográficas da Área do Projecto calculados em Função das condições de superfície e dos grupos hidrologicos do solo

Sub-Bacias Hidrográficas	Grupos Hidrológico dos solos	Condições de superfície	Condições de superfície	Percentagem de (CN)	Numero de escoamento ponderado (CN)	Máximo retenção potencial (S) (mm)	Abstracção o inicial (I) (mm)
Ribeira do Trago	C	1. Árvores dispersas predominantes a Prosopis Juliflora. 2. Afloramentos rochosos com alguma vegetação 3. Culturas agrícolas em terraço	I Impermeável Terraços	35 25 40	70	21.77	4.35
R <sup>a</sup> de Fundo António Lopes	C	4. Carrapato 5. Afloramento rochoso com alguma vegetação 6. Culturas agrícolas em terraço	Impermeável Terraços	35 25 40	70	21.77	4.35
R <sup>a</sup> Lombo da Graça	C	6. Árvore dispersa predominante a Prosopis Juliflora 7. Afloramento rochoso com alguma vegetação 8. Culturas agrícolas em terraço	Impermeável Terraços	35 25 40	70	21.77	4.35
R <sup>a</sup> de Chafariz/Canto	C	8. Culturas em curvas de níveis 9. Afloramento rochoso com alguma vegetação 10. Carrapato	Pastagem pobre, consociada em árvores, muretes e banquetas.	40 25 35	68	23.9	4.78
R <sup>a</sup> de Nica	C	11. Afloramento rochoso com alguma vegetação 12. Culturas agrícolas em curvas de níveis	Impermeável Terraços	40 60	66	23.9	4.78
R <sup>a</sup> de Pico Agudo	C	12. Afloramento rochoso com alguma vegetação 13. Culturas em curvas de níveis	Impermeável Terraços	40 60	66	28.56	5.71
R <sup>a</sup> Grande (Jusante)	C	14. Afloramento rochoso com alguma vegetação 15. Culturas em curvas de níveis	Impermeável Terraços	40 60	64	28.56	5.71
<b>Medias</b>	-	-	100		67	24.31	4.86

• De acordo com "SCS/USDA (1974)

Fonte: Sabino (2006)

Quadro 5: Valores dos volumes de escoamento, Q, dos caudais de ponta cheia, Qp, calculados a partir de parâmetro fisiográficos e hidrológicos das bacias hidrográficas contempladas pelo projecto considerando períodos de retorno, Tr, de 50 anos

Bacias hidrográficas	Superfície (A) (Km <sup>2</sup> )	Talvegue (L) (m)	Declive (d) (%)	Tempo concentração (horas)	Precipitação (mm)	Volume de escoamento (mm)	Abstracção inicial (mm)	Tempo de ascensão (horas)	Caudais de ponta do projecto (m <sup>3</sup> /s)
R <sup>a</sup> de Trago	1.44	6500	15.5	0.30	270	246	4.35	1.53	47.14
R <sup>a</sup> de Fundo António Lopes	2.75	8800	19.3	0.30	270	246	4.35	1.53	90.04
R <sup>a</sup> Lombo da Graça	1.11	6600	32.8	0.22	270	246	4.35	1.48	37.60
R <sup>a</sup> de Chafariz	0.75	4700	23.3	0.17	270	243	4.78	1.45	25.63
R <sup>a</sup> de Nica	1.05	5000	32.6	0.17	270	243	4.78	1.44	36.25
R <sup>a</sup> de Pico Agudo	1.90	5700	17.5	0.23	270	238	5.71	1.47	66.14
R <sup>a</sup> Grande (Jusante)	2.00	7500	10.0	0.40	270	238	5.71	1.54	57.96

Os valores mais elevados de Ppt e Q correm podem ao T100, isto é ao período de retorno de 100 anos

Fonte: Sabino (2006)

Quadro 6: Valores das secções de escoamento e características das obras de arte calculadas em função dos caudais de ponta de cheias

Bacias hidrográficas	Declive (d) (%)	S <sup>1/2</sup>	Caudal Qp (m <sup>3</sup> /s)	Secção Transversal (m <sup>2</sup> )	Perímetro Molhado (m)	Raio Hidráulico (R) (m)	R <sup>2/3</sup>	Velocidade (m/s)	Secção do projecto (m <sup>2</sup> )
Ribeira de Trago	15.5	0.39	47.14	27.8	20.5	1.35	1.22	10.47	5 (42*3)
R <sup>a</sup> de Fundo António Lopes	19.3	0.44	90.04	36	28	1.29	1.19	11.52	8 (3*3)
R <sup>a</sup> Lombo da Graça	32.8	0.57	37.60	35.9	25	1.44	1.28	16.05	3 (1*3)
Ribeira de Chafariz	23.3	0.48	25.63	17	17.6	0.97	0.98	10.34	3 (1*3)
Ribeira de Nica	32.6	0.57	36.25	25.8	20	1.29	1.19	14.92	3 (21*3)
R <sup>a</sup> de Pico Agudo	17.5	0.42	66.14	45	27	1.67	1.41	13.03	5 (2*3)
Ribeira Grande(jusante)	10.0	0.32	57.96	37.5	26	1.40	1.25	8.8	7 (2*4)

As secções obtidas devem ser ampliadas para se adaptarem as configurações geomorfológicas do terreno. Assim os desenhos técnicos apresentarão secções ligeiramente superiores o que reduzirá ainda mais os riscos de destruição das obras de arte

Quadro 1: Valores das secções de escoamento e características das obras de arte calculadas em função dos caudais de ponta de cheias considerando um período de retorno de 50 anos

Designação das Sub-bacias	Caudal Qp (m <sup>3</sup> /s)	Comprimento do dique (m)	Distâncias entre espaldas (m)	Altura do Descarregador (h) (m)	Largura do Coroamento (m)
Ribeira de Trago	47.14	15	13	1.50	1.40
R <sup>a</sup> de Fundo António Lopes	90.04	20	18	1.90	1.40
R <sup>a</sup> Lombo da Graça	37.60	20	15	1.30	1.40
Ribeira de Chafariz	25.63	20	15	1.00	1.40
Ribeira de Nica	36.25	18	15	1.25	1.40
R <sup>a</sup> de Pico Agudo	66.14	16	15	1.88	1.40
Ribeira grande (Jusante)	57.96	12	10	2.25	1.40

As secções obtidas devem ser ampliadas para se adaptarem as configurações do terreno. Assim os desenhos técnicos apresentarão secções ligeiramente superiores o que reduzirão ainda mais os riscos de destruição das infra-estruturas

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição dos sítios experimentação

Os sítios – Lombo Pelado e Canto Fajã, onde foram conduzidos os ensaios, estão localizados na bacia hidrográfica da Ribeira Grande – Fajã de Cima nas seguintes coordenadas geográficas:

<u>Lombo Pelado</u>	(1) Latitude: 16° 38' 76" N; (2) Longitude: 24° 20' 73" W; (3) Altitude = m
<u>Canto Fajã</u> (2)	(1) Latitude: 16° 36' 54" N (2) Longitude 24° 21' 47" W; (3) Altitude = 645 m

As parcelas foram implantadas em dois sítios onde se pratica a agricultura de sequeiro em virtude das condições agro-climáticas relativamente boas. Com efeito, a precipitação média anda à volta dos 300 mm o que permite também o estabelecimento de certas espécies vegetais tais como o dragoeiro, goiabeira, laranjeira, limoeiros, mangueira, etc.

A Bacia hidrográfica da Ribeira Grande possui uma área aproximada de 11, 25 km<sup>2</sup>. As parcelas experimentais têm as de 24 metros x 1,84 metros e são rectangulares e com o seu grande eixo orientado para o alto da pendente. São compostas de uma cercadura (parede), de um colector para concentração do escoamento superficial na extremidade inferior da parcela e de dois (2) tambores para armazenar a água de escoamento superficial e os sedimentos.

As cercaduras são feitas com duas camadas blocos de 10 cm x 10 cm x 20 cm. 20 centímetros da parede ou cercadura são enterrados e os outros 20 centímetros ficam acima a superfície do solo.

A área das parcelas foi delimitada com recursos ao uso de Teodolito. A estação Meteorológica de Fajã foi reabilitada e instalados alguns instrumentos científicos (udógrafo, por exemplo) para as colectas dos dados meteorológicos. Paralelamente, colheu-se os dados na Estação Meteorológica de Monte Gordo para comparação.

Como este trabalho será entregue antes da colecta completa e tratamentos dos dados necessários a uma conclusão mais realista sobre a erosão superficial, e erosão de fundo e a produção agrícola, haverá necessidade de continuar a conduzir os ensaios de investigação para se poder estar habilitado a formular as recomendações necessárias e úteis no que concerne a eficiência das técnicas de conservação do solo e água nos terrenos de cultura.

### **3.2 Colector e tina de recepção**

O dispositivo colector do escoamento que entra no tambor de recepção é feito de tubo PVC de Ø de 90 milímetros, em forma de goteira, enterrado a 5 centímetros acima da superfície do solo com uma placa de cimento atrás, colocado verticalmente de modo a estar nivelado com a superfície e delimitando nitidamente extremidade da parcela experimental.

### **3.3 Procedimento de pesquisa**

Uma parte do sedimento transportado ficará em suspensão e a outra parte será depositada no fundo do tambor. Se a quantidade de matérias depositados não for considerável e tiver uma textura fina, a água do tambor pode ser agitada com uma paleta para homogeneizar o líquido. Toma-se três amostras de um litro, que se filtra e cujo resíduo se seca a 105° C que é pesado depois. O teor total dos materiais em suspensão no tambor é obtido multiplicando a média dos pesos secos das amostras pelo volume da água recolhida.

Se o aterro é importante, ou se é constituída por elementos grosseiros, será preciso esvaziar o tambor e pesar os materiais. Se não for possível secar completamente a totalidade, será preciso proceder pela técnica de amostragem. Tirar-se-á três amostras que serão pesados antes e depois da secagem a 105° C para calcular o teor da água, sendo este necessário para converter o peso total húmido dos sedimentos em peso seco.

Os sítios de Lombo Pelado e de Canto Fajã – bacia Hidrográfica da Ribeira Grande S. Nicolau, foi escolhido para condução dos ensaios de investigação de erosão superficial. Duas parcelas de investigação sendo cultivadas com técnicas de conservação de solos e água, duas em Lombo Pelado debaixo e outras duas parcelas no Canto de Fajã, uma mantida em condições naturais e outra sachada com culturas.

Dados climáticos e de precipitação foram obtidos da estação meteorológica de Fajã. Para isso foram instalados pluviografos para cálculos da energia das intensidades em 30 minutos (E130) e consequentemente do factor de precipitação e escoamento superficial (R).

As parcelas instaladas têm as dimensões 24 x 1.84 seguindo a metodologia proposta por (Wischmeier and Smith, 1965 e 1978) no estabelecimento na equação Universal de Perdas de Solos.

A erosão de fundo foi quantificado seguindo o modelo proposto por Sabino (1984) quantificou-se o volume de terras retidas, áreas de culturas na bacia hidrográfica Ribeira Grande – Fajã e fez-se a extrapolação para ilha de S. Nicolau. As áreas de culturas correspondem aos volumes de terra retidas também quantificadas, mostrando toda a área de cultura de regadio temporário criada pelos diques de correcção do leito de ribeira, despalhadamente e de recarga.

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Características Fisiográficas

As principais sub-bacias hidrográficas da Ribeira de Fajã, ilha de São Nicolau, têm uma superfície de 11,25 km<sup>2</sup> repartidos pelas diferentes sub-bacias hidrográficas componentes e tributários. O Quadro 9 ilustra as características geométricas das sub-bacias da bacia hidrográfica da Ribeira Grande - Fajã

À excepção da Ribeira de Canto de Fajã e Ribeira de Pico Agudo que são mais largas, elas são geralmente estreitas de formas grosseiramente rectangulares (Figura 1). O desnível médio é de 508 metros. O declive é caracterizado por variações bruscas em determinados troços das linhas de água variando de 15,5% na Ribeira de Trago a 46% na Ribeira de Garçoto mas em média anda a volta dos 27%. As partes intermédias das sub-bacias hidrográficas muitas vezes apresentam declives mais suaves.

As altitudes da bacia hidrográfica, como já foi referido, variam desde 0.0 metros ao nível do mar, na foz das bacias, a altitudes de cerca de 1250 metros nos pontos mais alto das linhas de cumeeada das Ribeiras de Lombo de Graça, Ribeira de Chafariz e o que determina diversos tipos de microclimas.

Quadro 9: Características geométricas das sub-bacias da bacia hidrográfica da Ribeira Grande - Fajã

Bacias hidrográficas	Áreas (ha)	Declive (%)	Perímetro (m)	Linha água principal	Desnível (m)	Factor forma	Coef. KA Vendish
R. de Trago	144	15.5	6500	2700	420	0.975	1.517
R de Fundo A. Lopes	275	19.3	8800	3000	580	0.3055	1.486
R. Lombo da Graça	111	32.8	6600	2500	820	0.1776	1.754
R. de Chafariz	75	23.3	470	2000	350	0.1875	1.520
R. de Nica	105	32.6	5000	1500	310	0.4667	1.366
R. de Pico Agudo	190	17.5	5700	2000	350	0.2105	1.158
R Grande Jusante	200	10151	7500	3000	300	0.0691	1.874
Totais	1100	151	44800	16700	3130	2.392	10.675
Média	137.50	21.5	6400	2386	447	0.342	1.525

Fonte: Sabino (2006)

No conjunto as bacias hidrográficas estudadas no quadro deste projecto detalhado de conservação de solos e mobilização dos recursos hídricos na ilha de São Nicolau, área de Fajã encontram-se limitadas aproximadamente pelas seguintes coordenadas geográficas:

**1. Latitudes**

16° 36' 54" N, (Monte Gordo)

16° 39' 52" N, (Água dos Anjos)

**2. Longitude:**

24° 21' 47" W; (Assomada Mancebo)

24° 21' 00" W; (Assomada Gamboeza)

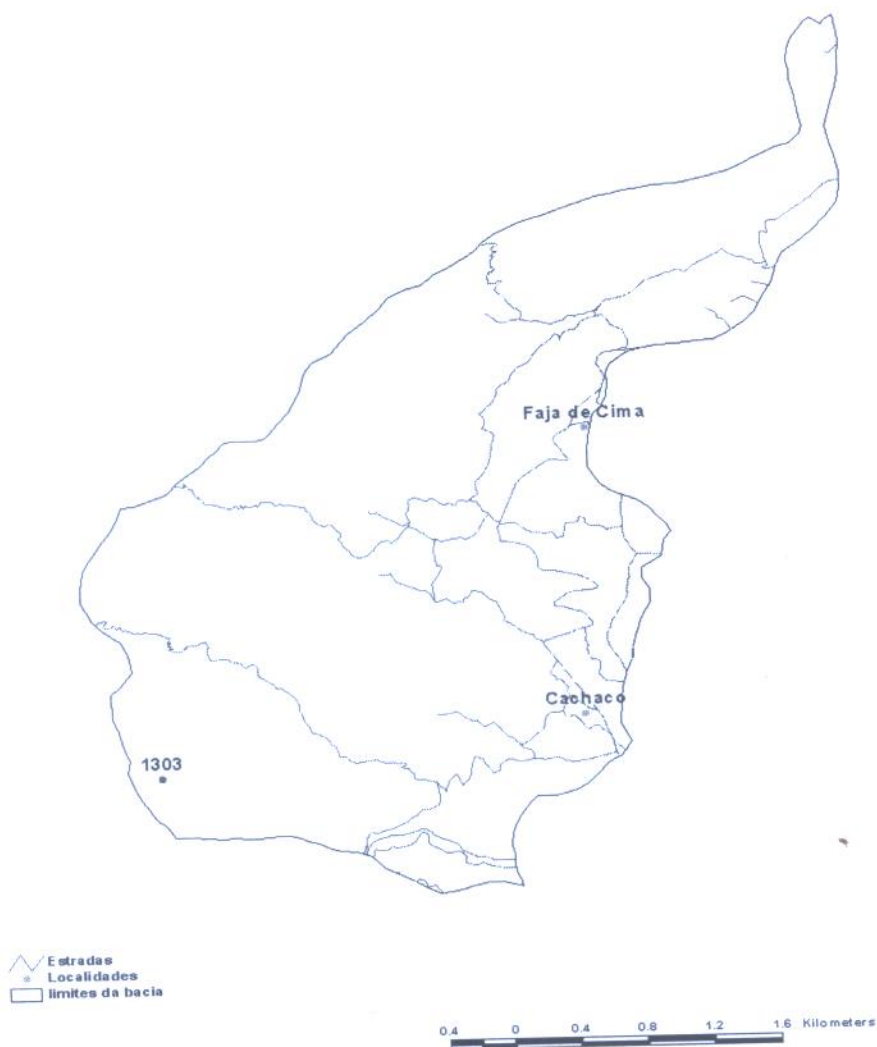


Figura 1: Bacia hidrográfica da Ribeira Grande – Fajã, ilha de São Nicolau

Fonte: INIDA (2008)

As bacias hidrográficas da ilha são servidas por vários tributários e cujas linhas de água cujos declives variam de 10% a 32,8% e em virtude das grandes diferenças de cotas entre os pontos mais altos da linha cumeada e os pontos mais baixos situados nas secções de escoamento das respectivas bacias de drenagem. Embora, todas as secções de escoamento das linhas de água tenham sido estudadas no quadro deste estudo hidrológicos bacias hidrográficas da Ribeira do Trago, Ribeira de Fundo António Lopes e Ribeira Lombo da Graça, terão um tratamento especial, por se tratar de zonas seleccionadas para a implementação de obras de hidráulica e de correcção do leito de ribeiras e de recarga directa da Galeria. Assim, para a estimativa de cálculo dos respectivos caudais utilizamos o método conceptual proposto pela SCS-USD (1974).

## 5 DESCRIÇÃO DOS MODELOS

Os dois modelos descritos foram utilizados neste trabalho para quantificar a erosão superficial e a erosão de fundo:

- O modelo proposto por Wischmeier e Smith, 1978 - Equação Universal de Perda de Solos (USLE) para a quantificação da erosão superficial e;
- O modelo proposto por Sabino (1984) para quantificação das terras retidas pelos diques de correcção do leito das ribeiras em Cabo Verde.

### 5.1 Equação Universal de Perdas de Solo

O método mais largamente utilizado para fazer a previsão das perdas de solo provocadas pela erosão hídrica, é sem dúvida a Universal Soil Loss Equation (USLE).

A USLE, equação destinada a prever perdas de solo provocadas por erosão laminar e por sulcos toma a seguinte forma (Wischmeier e Smith, 1978):

$$A = R K L S C P \quad (9)$$

Em que:

A – Perda de solo por unidade de área e de tempo

R – factor de erosividade da chuva, definido em função da intensidade da precipitação. Representa a agressividade da chuva, ou seja, o seu poder de destacamento e arrastamento de partículas.

K – Factor de erodibilidade do solo, definido por comparação com a perda de solo medida numa parcela de terreno.

L – factor que traduz o efeito do comprimento da encosta, definido por comparação com a perda de solo, medida numa parcela de terreno.

S – factor que traduz a influência do declive, definido por comparação com a perda de solo.

C – factor que traduz a influência do coberto vegetal.

P – factor que exprime a protecção fornecida pelas técnicas de conservação do solo.

#### Cálculo do factor R:

O factor R é o produto da energia cinética de uma chuva individual vezes a máxima intensidade em trinta (30) minutos dessa mesma chuva, ou seja  $E \cdot I_{30}$ .

A soma de todas as chuvas num ano é que dá o valor anual do factor R, a energia cinética para períodos de intensidade de uma chuva individual = **210.1+89log (I)**

Para se obter a energia cinética de uma chuva, o valor da energia cinética total é multiplicado por centímetro de cada chuva durante o período considerado, esses produtos são somados, para se obter o factor R a energia cinética de uma chuva é multiplicado duas vezes a máxima média intensidade de 30 minutos e dividido por 100.

#### Cálculo do factor K:

O procedimento seguido para avaliar o factor K com o uso do nomógrafo (Anexo 2) é a seguinte:

- Entra-se no nomógrafo na escala vertical à esquerda com a percentagem apropriada de limo+areia muito fina (0.002 – 0.10mm);
- Prossegue-se horizontalmente a curva exacta da percentagem de areia (0.10 – 2.0 mm);
- Prossegue-se verticalmente o exacto conteúdo da matéria orgânica;
- Prossegue-se horizontalmente para a direita;
- Para solos com partículas finas ou estrutura fina de migalhas e moderada permeabilidade, o valor de K pode ser lido directamente em primeira aproximação de escala de K no canto do lado direito da primeira secção do nomógrafo (somente em unidades métricas);
- Para todos os outros solos, continua horizontalmente para intersectar a correcta curva de estrutura;
- Prossegue-se verticalmente para a correcta curva de permeabilidade;
- Prossegue-se horizontalmente para a escala da erodibilidade do solo no canto do lado esquerdo da segunda secção do nomógrafo para ler o valor de K.

### Calculo dos factores L e S:

Os Factores topográficos L e S mostram o efeito do comprimento do declive e do declive, respectivamente na erosão. Em geral, declives são tratados como perfis uniformes. A selecção de um comprimento de declive requer análise e, em muitos casos, inspecção no terreno.

Em que:

L é definido como:  $L = (\lambda/22.1)^m$  (unidades métricas);

$\lambda$  = comprimento do declive do terreno (pés);

S é definido como:  $S = (0.43 + 0.30s + 0.043s^2) / 6.613$ ;

s = gradiente da pendente (%).

Os autores *Foster e Wischmeier* (1974) adaptaram os factores LS para a utilização em declives irregulares:

$$L = \frac{\sum_{j=1}^n (S_j \lambda_j^{1.5} - S_j \lambda_j^{-1})}{\lambda e (72.6)^{0.5}}$$

Em vez de utilizar a equação podemos calcular o factor LS, entrando no (Anexo 3) com o comprimento do declive em pés (ft) e com o gradiente da ribeira em percentagem (%), com o seu respectivo m.

### Cálculo do factor C:

O factor C pode ser calculado utilizando os seus sub factores, tais como: copa, solo descoberto, raízes finas vegetação invasora, lavoura em curva de nível, solo nu, resíduos superficiais, rugosidade, degraus, ervas, relvados e consolidação do solo. Os valores dos sub factores são encontrados nas tabelas.

No cálculo do factor C temos que ter em conta cada uma das fases de todas as rotações de uma cultura agrícola.

## 5.2 Quantificação da erosão de fundo

O modelo proposto por Sabino (1984), permite calcular não só o volume de terras retidas pelos diques de correcção do leito de ribeiras e as áreas de cultura restauradas correspondentes como também estimar as taxas de erosão de fundo e sedimentos que seriam lançados no mar se os vales não fossem tratados. O modelo apresenta a seguinte configuração matemática:

$$V_{tsws} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n (d_i \times H_i) \times (3L_i + A_i + B_i) \quad (10)$$

$$A_{tsws} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (2L_i + A_i + B_i) \times d_i \quad (11)$$

Em que:

$V_{tsws}$  = Volume dos depósitos de sedimentos (bedloads) retidos atrás dos diques no leito da ribeira e tributários ( $m^3$ );

$A_{tsws}$  = Área restaurada correspondente aos sólidos retidos pelos diques em cada tributário;

$d_i$  = Comprimento dos depósitos de sedimentos ou lanços (distância espacial entre os diques de correcção (m));

$H_i$  = Altura do dique de correcção (m);

$L_i$  = Largura do fundo da ribeira (m);

$A_i$  = Distância do fundo da ribeira até a margem esquerda (m);

$B_i$  = Distância do fundo da ribeira até a margem direita da ribeira (m);

$n$  = Número de diques de correcção da cada sub-bacia hidrográfica ou tributários.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Quantificação da Erosão de Fundo

Os resultados da erosão de fundo ou seja a quantificação das terras retidas pelos diques de correcção do leito de ribeiras, as áreas de cultura criadas pelas terras retidas e assim como as taxas de sedimentação erosão por sub-bacias hidrográficas e tributários da bacia hidrográfica da Ribeira Grande pela utilização do modelo proposto por Sabino (1984) acima descrito estão ilustradas nos Quadros 10-15. Nesta etapa dos trabalhos quantificou-se a erosão de fundo para a área de estudo (Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande) e ilustrou-se informações respeitantes a Bacia Hidrográfica da Ribeira Brava (Sabino, 2002). A extrapolação para o conjunto da ilha de São Nicolau será objecto deste estudo que, como dissemos atrás, será continuado.

Quadro 10: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia hidrográfica da Ribeira de Trago

Quadro 10: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia hidrográfica da Ribeira de Trago

Infra-estruturas	Elementos geométricos								
	A	B	Hj	Hm	$\Delta H$	L	do	Área rest.	Volume sólidos
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Dique 1	3,00	4,70	3,00	1,34	1,66	5,00	16,00	141,60	100,49
Dique 2	4,00	5,50	3,00	1,40	1,60	6,00	24,00	258,00	176,00
Dique 3	14,50	14,40	4,40	3,50	0,90	6,20	30,00	619,50	213,75
Dique 4	6,00	7,00	4,40	3,50	0,90	6,50	27,00	351,00	131,63
Dique 5	7,00	6,30	4,20	3,20	1,00	8,40	25,00	376,25	160,42
Dique 6	12,30	7,30	4,30	3,50	0,80	8,20	30,00	540,00	176,80
Soma	46,80	45,20	23,30	16,44	6,86	40,30	152,00	13117,60	36999,18
Médias	7,80	7,53	3,88	2,74	1,14	6,72	25,33	364,38	171,29

Quadro 11: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia da Ribeira de Fundo António Lopes

Designação das inf	Elementos geométricos								
	A	B	Hj	Hm	$\Delta H$	L	do	Área restaurada	Volume de sólidos
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Dique 1	3,20	2,80	3,20	1,50	1,70	4,60	16,00	121,60	89,76
Dique 2	4,30	3,80	2,80	2,30	0,50	3,50	9,50	71,73	14,73
Dique 3	3,00	4,20	3,50	0,90	2,60	6,20	30,00	294,00	335,40
Dique 4	7,00	3,00	4,00	2,80	1,20	6,50	27,00	310,50	159,30
Dique 5	9,00	4,00	4,20	3,30	0,90	8,40	25,00	372,50	143,25
Dique 6	3,60	5,60	4,30	2,90	1,40	5,60	15,00	153,00	91,00
Dique 7	7,50	7,80	4,60	3,20	1,40	8,50	25,00	403,75	238,00
Soma	37,60	31,20	26,60	16,90	9,70	43,30	147,50	11460,75	47381,67
Médias	5,37	4,46	3,80	2,41	1,39	6,19	21,07	233,89	138,14

Quadro 12: Quantificação dos sedimentos retidos nas sub-bacia hidrográfica da Ribeira de Canto Fajã

Designação das inf	Elementos geométricos								
	A	B	Hj	Hm	$\Delta H$	L	do	Área restaurada	Volume de sólidos
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Dique 1	8,20	6,70	3,60	1,40	2,20	8,90	33,00	539,55	503,36
Dique 2	6,30	6,70	3,00	1,00	2,00	10,60	35,00	598,50	522,67
Dique 3	4,70	14,70	3,60	2,30	1,30	8,80	35,00	647,50	347,32
Dique 4 (Afluente)	7,60	7,50	4,60	2,60	2,00	7,90	35,00	540,75	452,67
Dique 5 (Afluente)	6,10	8,80	3,80	2,20	1,60	9,50	30,00	508,50	347,20
Dique 6 (Afluente)	7,70	8,20	3,70	1,30	2,40	11,80	30,00	592,50	615,60
Dique 7 (Afluente)	7,70	8,00	1,90	1,60	0,30	14,00	40,00	874,00	115,40
Dique 8 (Afluente)	3,50	4,50	4,20	3,00	1,20	5,50	18,30	173,85	89,67
Dique 9	7,50	7,50	5,00	1,40	3,60	10,50	50,00	900,00	1395,00
Dique 10	3,00	2,00	5,00	2,50	2,50	3,00	15,00	82,50	87,50
Soma	62,30	74,60	38,40	19,30	19,10	90,50	321,30	51070,64	417713,56
Médias	6,23	7,46	3,84	1,93	1,91	9,05	32,13	510,71	417,71

Quadro 13: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia hidrográfica da Ribeira de Canal de Nica

Designação das inf	Elementos geométricos							Área restaurada (m <sup>2</sup> )	Volume de sólidos (m <sup>3</sup> )
	A (m)	B (m)	Hj (m)	Hm (m)	$\Delta H$ (m)	L (m)	do (m)		
Dique 1	7,70	8,00	1,90	1,60	0,30	14,00	40,00	874,00	115,40
Dique 2	7,70	8,20	3,70	1,30	2,40	11,80	30,00	592,50	615,60
Dique 3	6,10	8,80	3,80	2,20	1,60	9,50	30,00	508,50	347,20
Dique 6	5,00	5,40	5,50	3,60	1,90	13,00	15,00	273,00	234,65
Dique 7	5,00	5,40	5,50	3,60	1,90	13,00	15,00	273,00	234,65
Dique 8	5,00	4,00	5,50	3,60	1,90	10,00	20,00	290,00	247,00
Dique 9	2,00	3,00	4,00	3,50	0,50	8,00	15,00	157,50	36,25
Dique 10	2,80	1,90	3,70	3,10	0,60	8,30	12,00	127,80	35,52
Dique 11	6,00	1,90	5,30	4,00	1,30	10,00	14,00	195,30	114,96
Soma	47,30	46,60	38,90	26,50	12,40	97,60	191,00	27609,05	152643,38
Médias	5,26	5,18	4,32	2,94	1,38	10,84	21,22	340,85	209,39

Quadro 14: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia hidrográfica da Ribeira da Graça

Designação das in	Elementos geométricos							Área restaurada (m <sup>2</sup> )	Volume de sólidos (m <sup>3</sup> )
	A (m)	B (m)	Hj (m)	Hm (m)	$\Delta H$ (m)	L (m)	do (m)		
Dique 1	4,00	5,00	1,40	0,00	1,40	5,50	33,60	336,00	199,92
Dique 2	3,40	7,50	2,80	0,00	2,80	14,00	30,00	583,50	740,60
Dique 3	6,40	7,00	2,90	2,90	0,00	16,00	27,00	612,90	0,00
Dique 4	7,00	5,00	1,70	0,00	1,70	14,00	30,00	600,00	459,00
Dique 5	3,00	4,00	2,40	0,00	2,40	10,50	7,70	107,80	118,58
Dique 6	5,50	5,75	3,90	3,30	0,60	8,50	30,00	423,75	110,25
Dique 7	6,70	6,00	5,80	0,00	5,80	13,20	40,00	782,00	2022,27
Dique 8	19,30	4,00	6,00	0,00	6,00	12,30	50,00	1197,50	3010,00
Dique 9	19,00	4,00	5,00	0,00	5,00	15,00	80,00	2120,00	4533,33
Dique 10	7,30	7,00	8,00	0,00	8,00	8,40	70,00	1088,50	3686,67
Dique 11	25,00	4,00	5,00	0,00	5,00	6,00	25,00	512,50	979,17
Dique 12	7,00	3,00	5,00	0,00	5,00	6,00	15,00	165,00	350,00
Dique 13	2,00	3,00	8,00	0,00	8,00	5,00	60,00	450,00	1600,00
Soma	115,60	65,25	57,90	6,20	51,70	134,40	498,30	112030,30	2507726,72
Média	8,89	5,02	4,45	0,48	3,98	10,34	38,33	662,90	1141,43

Quadro 15: Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia hidrográfica da Ribeira de Chafariz

Designação das in	Elementos geométricos							Área restaurada	Volume de sólidos
	A	B	Hj	Hm	$\Delta H$	L	do		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Dique 1	4,00	5,00	1,50	0,00	1,50	6,00	12,00	126,00	81,00
Dique 2	3,00	5,00	3,00	0,00	3,00	10,50	15,00	217,50	296,25
Dique 3	3,00	2,30	3,30	0,00	3,30	5,00	5,00	38,25	55,83
Dique 4	6,00	6,00	2,20	0,00	2,20	7,00	7,50	97,50	90,75
Dique 5	2,30	2,30	5,00	0,00	5,00	7,30	10,00	96,00	220,83
Dique 6	3,80	4,50	2,00	0,00	2,00	8,00	17,00	206,55	183,03
Dique 7	5,50	5,80	2,50	0,00	2,50	9,50	8,00	121,20	132,67
Dique 8	4,50	3,20	1,10	0,00	1,10	8,00	12,50	148,13	72,65
Dique 9	0,00	0,00	6,00	0,90	5,10	9,00	4,00	36,00	91,80
Dique 10	5,30	5,80	2,40	0,00	2,40	10,00	25,00	388,75	411,00
Dique 11	3,00	6,00	2,00	0,00	2,00	5,00	6,00	57,00	48,00
Dique 12	5,00	5,00	1,80	0,00	1,80	5,50	20,00	210,00	159,00
Dique 13	3,30	2,50	2,00	0,00	2,00	5,00	15,00	118,50	104,00
Dique 14	5,00	3,00	2,00	1,00	1,00	9,00	10,00	130,00	58,33
Dique 15	3,30	2,50	2,00	0,00	2,00	5,00	20,00	158,00	138,67
Dique 16	3,10	2,40	2,00	0,00	2,00	7,00	25,00	243,75	220,83
Dique 17	4,50	4,00	0,00	0,00	0,00	6,80	5,00	55,25	0,00
Dique 18	2,00	3,70	2,30	0,00	2,30	5,20	5,00	40,25	40,83
Dique 19	3,20	4,00	1,20	0,70	0,50	8,00	7,00	81,20	18,20
Dique 20	6,00	10,50	1,65	0,00	1,65	4,70	5,00	64,75	42,08
Dique 21	6,00	12,00	2,00	1,65	0,35	15,00	10,00	240,00	36,75
Soma	53,70	95,50	47,95	4,25	43,70	156,50	244,00	56388,40	1099512,39
Médias	3,84	4,55	2,28	0,20	2,08	7,45	11,62	135,29	123,88

Também, para complementar este trabalho, ilustramos de igual modo os resultados de estudo conduzidos por Sabino (2002) na Bacia hidrográfica da Ribeira Brava. O Impacto do diques de correcção do leito de ribeiras e de espalhamento executados no âmbito do Projecto de Conservação do Solo e Água na bacia Hidrográfica da Ribeira Brava elaborado pelo mesmo autor visando a melhoria das condições ambientais e hidrológicas da bacia hidrográfica não só criaram novas áreas cultura irrigadas e contribuíram para o aumento dos recursos hídricos não obstante as condições de seca continuada (Sabino, 2002). A produção agrícola nas áreas criadas pelos sedimentos retidos pelos diques foi quantificada. 5 bacias hidrográficas representativas foram seleccionadas. 60 parcelas foram escolhidas aleatoriamente sendo 30 em zonas áridas e 30 em zonas sub-húmidas. As medidas foram efectuadas durante a época pluviosa para testar o efeito das técnicas de aproveitamento de água das chuvas, particularmente as de conservação do solo e água. Os Quadros 16-18 mostram o efeito dos sistemas de conservação, na melhoria dos recursos hídricos (os

caudais das nascentes e furos triplicaram 15 anos depois), no controlo de erosão-sedimentação, na produção de culturas e mudanças ambientais antes e depois da implementação do projecto da bacia hidrográfica de Ribeira Brava – São Nicolau em 1985.

Quadro 16. Taxas de sedimentação/erosão nas sub-bacias hidrográficas da Ribeira Grande estimadas de acordo com modelo descrito.

Sub-bacias hidrográficas	Áreas (ha)	Volume de terras retidas (m <sup>3</sup> )	Taxa de erosão/sedimentação (m <sup>3</sup> /ha)
Ribeira de Trago	144	36999,18	256,94
Ribeira de Fundo A Lopes	275	47381,67	172,30
Ribeira de Lombo da Graça	111		
Ribeira de Chafariz	75	1099512,23	1466,02
Ribeira de Nica	105	14771,94	14068,51
Ribeira de Pico Agudo	190		
Ribeira Grande	200	2507726,72	12538,63

Quadro 2: Melhoria das condições da bacia hidrográfica da Ribeira Brava em termos de recursos hídricos após a implementação do projecto

Sub-bacias hidrográficas da Ribeira Brava	Altitude (m)	conductividade Eléctrica (μ/cm)	Temperatura (°C)	Caudais <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> /d)	
				1985	2002
R. Brava: Maiama, M.Palinha, Mãe de Água	182-400	750-1085-1100	25	149	266
Ribeira de Cachaço/Água das Patas	600	500	20	60	65
Ribeira de João/Fabateira (Campimho Norte)	290	400-600	22	79	216
Ribeira das Pombas	340	850	21	Seco	32
Ribeira de Fundo Figueiras	250	620	22	3	47
Ribeirão/Segura	310	320	23.5	3.75	56
Ribeira de Faial (Rabona Cigana)	200	620	22	seco	33
Total	-	-	-	295	715

<sup>1</sup>Algumas novas nascentes são o resultado da recarga dos diques.

Fonte: Sabino 2002

Quadro 18: Efeito dos diques na retenção de sedimentos e na produção das culturas, antes e depois da implementação do projecto

Sub-bacias hidrográficas	Diques projectados (número)	Diques projectados (número)	Sedimentos retidos (número)	Áreas criadas (ha)	Rendimentos (ton/ha)	Aumento de produção (tons)
R <sup>a</sup> Água das Patas	44	17	11800	4,20	1,64	6,89
Ribeira de Soca	25	6	2800	0,33	1,64	0,54
Ribeira das Pombas	22	0	0	0	1,64	0
R <sup>a</sup> João Lombo (Campinho norte)	14	8	7700	1,20	1,64	1,97
Ribeira de Colaço	25	0	0	0	1,64	0
Ribeira de Fabateira	14	7	3500	0,42	1,64	0,69
Ribeira Fundo Figueiras	24	0	0	0	1,64	0
Ribeira das Vacas	24	4	2600	0,30	1,64	0,50
Ribeirão	32	0	0	0	1,64	0
Ribeira de Caixa	14	0	0	0	1,64	0
Ribeira de Faial	18	2	1200	0,10	1,64	0,16
Ribeira de Pandulha	15	0	0	0	1,64	0
Ribeira Capão	9	0	0	0	1,64	0
Ribeira Brava (jusante)	36	8	25000	2,00	1,64	3,28
Ribeira Brava (Total)	316	52	54600	8,55	1,64	14,03

Fonte: Sabino (2002)

## 6.2 Quantificação da Erosão Superficial

Nas quatro parcelas de Lombo Pelado e Canto de Fajã seleccionadas para a condução dos ensaios durante os meses de Julho a Setembro foram obtidos os seguintes dados:

### A. Parcela nas condições naturais – Parcela de Canto de Fajã:

- Características topográficas e pedológicas:
  - Área da parcela –  $24 \times 1.80 \text{m} = 43.2 \text{ m}^2$
  - Declive da parcela – 15%
  - Percentagem de argila – 40%
  - Percentagem de limo – 47%;
  - Percentagem da areia – 12%
  - Textura - franco-argiloso-limoso
  - Capacidade utilizável do solo –
  
- Dados hidroclimáticos
  - O Quadro 19 ilustra as características hidro-climáticas da parcela

Quadro 19. Relação entre Precipitação, Evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial na parcela de Canto de Fajã – condições naturais.

Meses	Precipitação (mm)	Escoamento superficial (mm)	Evapotranspiração (mm)	Infiltração (mm)
Julho (27/07/08)	24,5	0,14	3,50	20,86
Agosto (25/08/08)	36,5	0,5	3,70	32,30
Setembro (29/09/08)	64,8	ND	3,90	ND

### B. Parcelas Sachadas – Parcela de Canto de Fajã:

- Características topográficas e pedológicas:
  - Área da parcela –  $24 \times 1.80 \text{m} = 43.2 \text{ m}^2$
  - Declive da parcela – 15%

Percentagem de argila – 40%  
 Percentagem de limo – 47%;  
 Percentagem da areia – 12%  
 Textura - franco-argiloso-limoso  
 Capacidade utilizável do solo –

- Dados hidroclimáticos

O Quadro 20 ilustra as características hidro-climáticas da parcela.

Quadro 21. Relação entre Precipitação, Evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial na parcela de Canto de Fajã – parcela sachada.

Meses	Precipitação (mm)	Escoamento superficial (mm)	Evapotranspiração (mm)	Infiltração (mm)
Julho (27/07/08)	24,5	0,15	3,5	20,85
Agosto (25/08/08)	36,5	0,53	3,7	32,27
Setembro (29/09/08)	64,8	ND	3,9	ND

C. Parcelas Tratadas – Parcela de Lombo Pelado:

- Características topográficas e pedológicas:
  - Área da parcela –  $24 \times 1.80 \text{m} = 43.2 \text{ m}^2$
  - Declive da parcela – 1%
  - Percentagem de argila – 39%
  - Percentagem de limo – 48%;
  - Percentagem da areia – 12%
  - Textura - franco-argiloso-limoso
  - Capacidade utilizável do solo –
- Dados hidroclimáticos

O Quadro 22 ilustra as características hidro-climáticas da parcela.

Quadro 22. Relação entre Precipitação, Evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial na parcela de Lombo Pelado – parcela tratada.

Meses	Precipitação (mm)	Escoamento superficial (mm)	Evapotranspiração (mm)	Infiltração (mm)
Julho	24,5	0,14	3.5	20.85
Agosto	36,5	0,50	3.7	32.27
Setembro	64,8	ND	3.9	ND

O tempo disponível para condução dos ensaios não permitiu obter dados suficientes para o cálculo do índice ou factor de precipitação e escoamento superficial. As chuvas de Julho, Agosto e Setembro não forneceram dados suficientes para o cálculo de R (factor ou índice de erosão causada pela precipitação ou escoamento superficial). Assim baseando-se em estudos conduzidos por Rose (19977) estimamos os valores de R indicados nos Quadros 23-24. Este estudo entretanto será continuado, ainda este ano, após a colecta dos dados dos meses de Outubro e Novembro que nos permite obter valores chuvadas que excedem os 13 mm e consequentemente os valores da energia do impacto das gotas para o cálculo de  $EI_{30}$ .

Uma vez que a parte mais cara deste estudo encontra-se em funcionamento (parcelas e instrumentos científicos) pensamos que se trata de uma oportunidade de se continuar a condução dos trabalhos de investigação nos anos seguintes. Este estudo permitiu-nos inteirar dos problemas da erosão superficial e de fundo mas não deixa de ser o início de um trabalho que deverá ser continuado, não só para fins didácticos (criar nos jovens técnicos o hábito de investigação) como também mostrar o valor de trabalhos que não se limitam as pesquisa bibliográfica ou replicagem de livros.

Quadro 23. Estimativas de perdas médias anuais de erosão superficial nas parcelas de ensaios

Designação das parcelas	Factores					
	R (J/ha)	LS (adimensional)	K (mt/J)	C (adimensional)	P (adimensional)	A (mt/ha)
Lombo Pelado	255	0,07	0,2	0,60	0,16	0,37
Canto Fajã ( sachada)	255	0,07	0,2	0,60	0.80	1.71
Canto Fajã ( sem culturas)	255	0,07	0,2	0,60	0.40	0.86

Quadro 24. Estimativas de perdas de solos em parcelas experimentais de escoamento

Designação das parcelas	Áreas das Parcelas	Peso de sedimento/ parcelas/litro (gr)	Peso de sedimento P/parcela/ES <sup>1</sup> (gr)	Peso de sedimento/ha (kg)	Peso de sedimento/ bacia hidrográfica (kg)
Lombo Pelado	43,2	50,29	4046,74	936,75	1,105,000
Canto Fajã ( sachada)	43,2	49,82	5081,64	1176,3	1,323,000
Canto Fajã ( sem culturas)	43,2	48,56	5001,68	1157,79	1,303,000
TOTAIS	129,6	148,67	14130,06	2228,09	3,731,000

<sup>1</sup> ES = escoamento superficial

## 7 CONCLUSÕES

Os dados de ensaios nas parcelas de investigação mostram que mesmo com as pequenas precipitações ocorridas de 24,5 mm, 44,5 mm e 68,5 mm originaram nas áreas de cultura de Lombo Pelado e Canto de Fajã valores de erosão superficial da ordem dos 936,74 kg, 1176,30kg e 1157,79 kg respectivamente.

As perdas da erosão quantificadas com o recurso a Equação Universal de Perda de Solos (USLE, 1974) para as parcelas de Lombo Pelado e Canto de Fajã foram estimadas em 0,37mt/ha, 1.71mt/ha e 0.86mt/ha respectivamente.

Os ensaios conduzidos nas parcelas permitiu também obter informações hidrologias respeitantes aos termos do balanço hidrológico (Quadros 19-22). Com efeito, verifica-se que para as precipitações de 24,5 mm, 36,5 mm e 64,8 mm nas parcelas de Lombo Pela e Canto de Fajã, os escoamentos superficiais foram da ordem dos 0,15 mm e 0,53 mm para a parcela sachada e 0,14 e 0,50 mm respectivamente para as parcelas tratadas com técnicas de conservação do solo e água (terraços). Não se recolheram os dados do mês de Setembro, Outubro e Novembro.

Concluindo, sugerimos que este trabalho de investigação seja continuado por alguns anos de modo a obter séries bastante representativas do ponto de vista estatístico e permitir assim fazer previsões no que respeita não só a perda de solos (erosão de fundo e superficial) como também no que diz respeito informações hidrológicas.

## 8 BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE SANTO ANTÃO (Gabinete Técnico Intermunicipal) /PROCAVE LDA. (1998). Estudo de Valorização de Bacias Hidrográficas de Santo Antão. República de Cabo Verde.

CAHIER FAO: CONSERVATIO DES SOLS (aménagement des bassins versants CNAG/INGRH-PNUD/DDES. (1993). Schema Directeur pour la Mise en Valeur des Ressources en Eau (1993-2005). Praia, República de Cabo Verde.

DINIZ, A. Castanheira e G. Cardoso de Matos. (1986) "Carta de Zonagem Agro-Ecológica de Cabo Verde" I- Ilha de Santiago. Separata de GARCIA DE ORTA, SER. BOT., LISBOA; 8 (1-2). Portugal

Direcção Geral de Estatística/Divisão de Censos e Inquéritos. 1990. Censo de 90 - Segundo Recenseamento Geral da População e Habitação. Projecto CVI/88/PO2. Gov.CV/FNUAP/PNUD/UNDESP. Praia, Republic of Cape Verde.

DUNNE, Thomas and LEOPOLD, Luna B. (1978). "Water in Environmental Planning". San Francisco, W.E. Freeman and Company. USA.

EGLI, Paul. (1989). Development Plan for Picos Watershed. " Sheladia Associates Inc. Ministry of Rural Development and Fisheries/USAID. Praia, Cabo Verde.

FAO. (1984). " Recolha de dados e primeiro análise da bacia hidrográfica de Ribeira Seca. "Projecto Forprosa (CGP/RAF/175/SWI). Praia, Cabo Verde.

Freeman, Peter H., Victor, E. Green, Robert, B. Hickock, Emilio, F. Moran and Moris, D. Whitaker. 1978. Cape Verde Assessment of Agricultural Sector, Preliminary Report. AID. Washington D.C. USA.

Heede, B. H. 1960. "A Study of Early Gully-Control Structures in the Colorado Front Range." Forest Service. Fort Collins, Colorado. USA.

INSTITUTO REAL DOS TRÓPICOS (1983). Estudo de Estratégia Alimentar. Vol ii, Recursos Hídricos e Irrigação. Amesterdão, Holanda.

JUNTA DOS RECURSOS HÍDRICOS. (1991). Estações Pluviométricas por Ilha. PNUD/DCTD/87/001. Praia, República de Cabo Verde.

Lencastre, A. 1983. Hidráulica Geral. Edição Luso-Brasileiro, Lisboa Portugal

Mendonça, P. de Varennes e. 1951."Excerto das Lições de Hidráulica Florestal." Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, Portugal.

MINISTÈRE DE LA COOPERATION ET DU DEVELOPPEMENT FRANCAISE/ SECOP/MDR. (1981) "ESQUISSE DE SCHEMA DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT RURAL." Relatórios Técnicos. Praia, Cabo Verde.

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT/INSTITUTO NACIONAL DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (INGRH). (1993). "Schema Directeur pour la Mise en Valeur des Ressources en Eau, (1993-2005)." Volume 1. Praia, Cabo Verde.

Sabino A. A. and Lopez, J.M. 1991. "Premières Résultats des Différents Effets Site-Topsequence-Aménagement sur l'Amélioration du Rendement de Maïs à Santiago. Praia, Cabo Verde.

Sabino, A A (1997). Contribuição a Preparação do Plano Director de Rega. DGASP/MAA. Praia, Republica de Cabo Verde.

Sabino, A. A. 1999. "Integrated Drought Management in Cape Verde." International Conference on Integrated Drought Mangement, Lessons for Sub-Saharan, Africa. Pretoria, South Africa.

SABINO, A. A. – Apontamento Escolares

SABINO, A. A. – Conservação de Solos e Água em Cabo Verde

SABINO, A. A. (1985). Projecto de Conservação do Solo e Recarga da Galeria de Fajã.

MDRP., Praia, República de Cabo Verde.

SABINO, A. A. (1997). "Contribuição para a Elaboração do Plano Director de Rega." FAO/MAA. Praia, República de Cabo Verde.

SABINO, A. A. (2006) - Projecto Detalhado de Conservação de Solos e Mobilização da Água, DGASP-MCC, Cabo Verde

Sabino, A. A. 1985. "Projecto de Conservação do Solo e Água na Bacia Hidrográfica da Ribeira Brava, São Nicolau." Ministry of Rural Development and Fisheries. Praia, Cabo Verde.

Sabino, A. A. 1993. O Aproveitamento Hidro-Agrícola e os impactos dos projectos de Conservação do Solo e Água. Sugestões e Alternativas de Viabilização da Agricultura de Regadio em Cabo Verde. Instituto de Investigação Tropical (IIT). Lisboa, Portugal.

SABINO, A.A. (1984). Conservação do Solo e Água em Cabo Verde. Seminário realizado na Praia. CILSS/MDRP., Praia, República de Cabo Verde.

SECT AGRI-TUNISIE. (2001). «Etude d'Aménagement des Bassins Versants: Bassin de Ribeira de Fajã». Ministère de l'Alimentation et de l'Environnement. Praia, Cabo Verde.

Wischmeir, W. H. , and Smith D. D. : Predicting rainfall-erosion losses

Wischmeir, W. H. : A rainfall erosion index for a Universal Soil

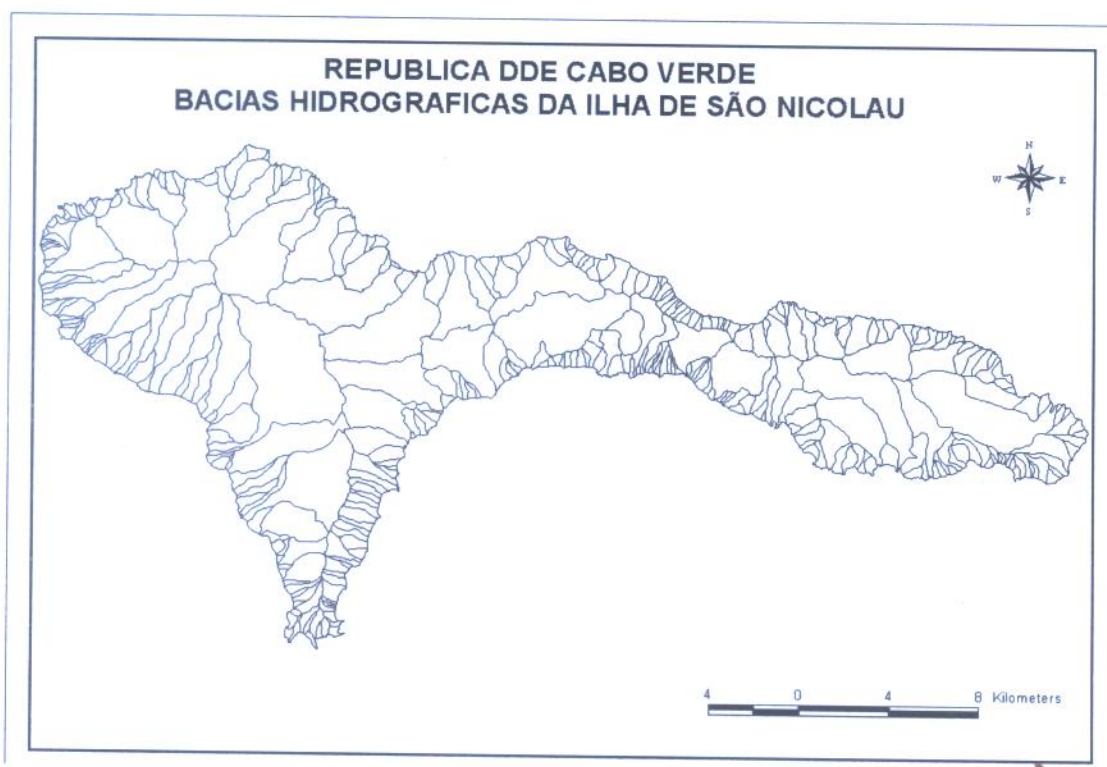
Wischmeir, W. H.: and Smith, D. D. : Rainfall energy and its relation

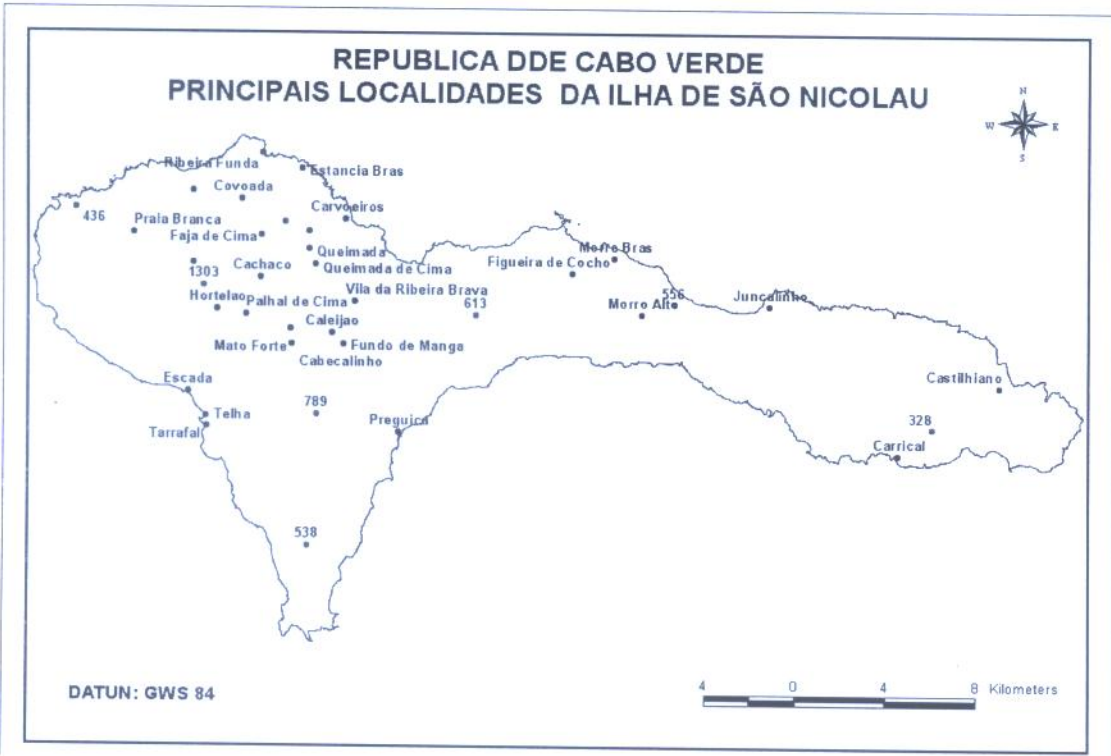
Wischmeir, W. H.: Johnson, C.B. and Cross, B. V. : A soil erodibility

Wischmeir, W. H.: Erosion and sedimentation. Proc. 29th annual

Wischmeir, W. H.: Rainfall erosion potential. Agric. Eng., Vol. 43,

## 9 ANEXOS





**ANEXO 1: Sub-bacias hidrográficas da Ribeira Grande – Fajã, São Nicolau****FAJÃ****Lompelado ( Implantação de Parcelas)****Parcela com Cultura**

Canto Fajã

---



Parcela natural e sachada

---



**Parcela com tambores de recolha de sedimentos**



**Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia**



**Diques na retenção de sedimentos**



**Quantificação dos sedimentos retidos na sub-bacia**



**Diques de retenção de sedimentos**

**MINISTERIO DO AMBIENTE DESENVOLVIMENTO RURAL E RECURSOS MARINHOS**

	<b>LASAP</b> <small>LABORATÓRIO DE ANÁLISES SOLOS ÁGUAS E PLANTAS</small>	<b>DCA</b> <small>DEPARTAMENTO CIÊNCIAS DO AMBIENTE</small>
---	--	--

**Materia em Suspensão**

**CLIENTE:**

**ENDEREÇO:** Ilha de S. Nicolau

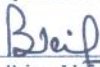
**RESPONSÁVEL DA COLHEITA:**

**TIPO DE AMOSTRA:** Água Escoamento de Chuva

**DATA:** 13/10/08

<i>Nº da Amostra</i>	<i>Local de Colheita</i>	<i>Tara Filtro (g)</i>	<i>Tara Cadinho (g)</i>	<i>Peso seco estufa a 105º (g)</i>	<i>Volume da Amostra (ml)</i>
110	Parcela Li Pelada	1,164	43,416	45,528	1000
111	Parcela Sachada	1,170	45,426	48,645	1000
112	Parcela Natural	1,113	43,372	55,579	1000
113	Parcela Natural	1,167	38,012	43,603	1000
114	P.Natural Conterraço	1,133	43,330	45,436	1000
115	Area Natural C.Fajá	1,120	41,125	45,510	1000
116	P.Sadiada Canto Fajá	1,154	43,153	44,601	1000
117	Terra Sachada LiPelada	1,140	52,248	53,410	1000
118	P.Tratada c/milhoLiPelada	2,303	43,373	50,588	1000
119	Area Sachada-Canto Fajá	1,164	42,650	44,153	1000
120	Parcela Natural C.Fajá	1,122	46,652	49,614	1000
121	Parcela Terra Sachada	1,127	43,799	47,288	1000
122	Parcela Sachada	1,172	45,096	46,771	1000
125	C/Cultura-Li Pelada	1,164	54,084	56,042	950
126	S/Cultura Canto Fajá	1,186	45,899	48,472	880
127	C/Cultura-Canto Fajá	1,174	54,960	58,666	1000

O Responsável do Laboratório

  
 /Balbina Veiga/



## Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário

C.P. 84 – Praia República de Cabo Verde Tel. (238) 711147 Fax (238) 711133 Email: [inida@cvtelecom.cv](mailto:inida@cvtelecom.cv)

### RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLOS

**Requisitante:**

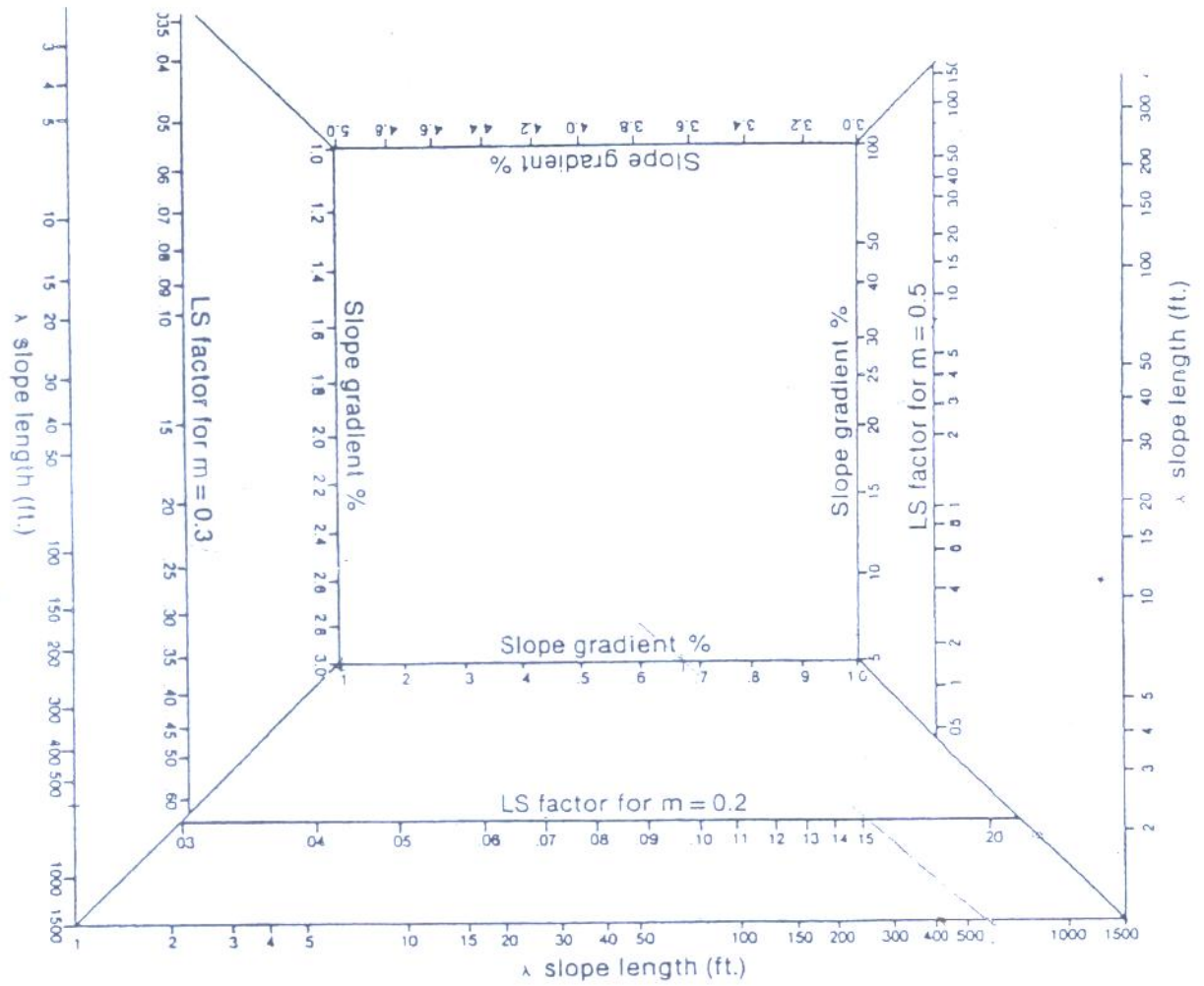
**Ilha:** S.Nicolau

**Data:** 14/10/08

Amostra N°	Localidade	Laboratório N°	Argila %	Limo %	Areia %	Textura
-	Lombo Pelado	172	39	48	12	Franco Argilo-Limoso
-	Canto Fajá	173	40	47	12	Franco Argilo-Limoso

A Responsável

/Balbina Veiga/



$m = 0.2$   
 $\bar{s} = 6.731$   
 $= \frac{1609.75 \text{ feet}}{72.6} = 1.53$   
 $L = 10.29 \text{ feet}$   
 $= 609.75 \text{ feet} = 200 \text{ m}$

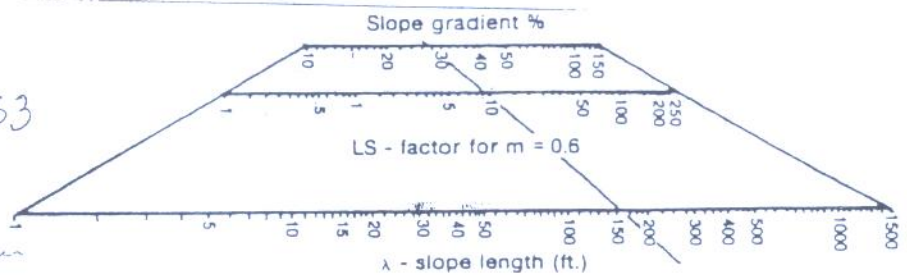


Figure 7.3. Nomograph for determining the topographic factor, LS, on simple slopes.

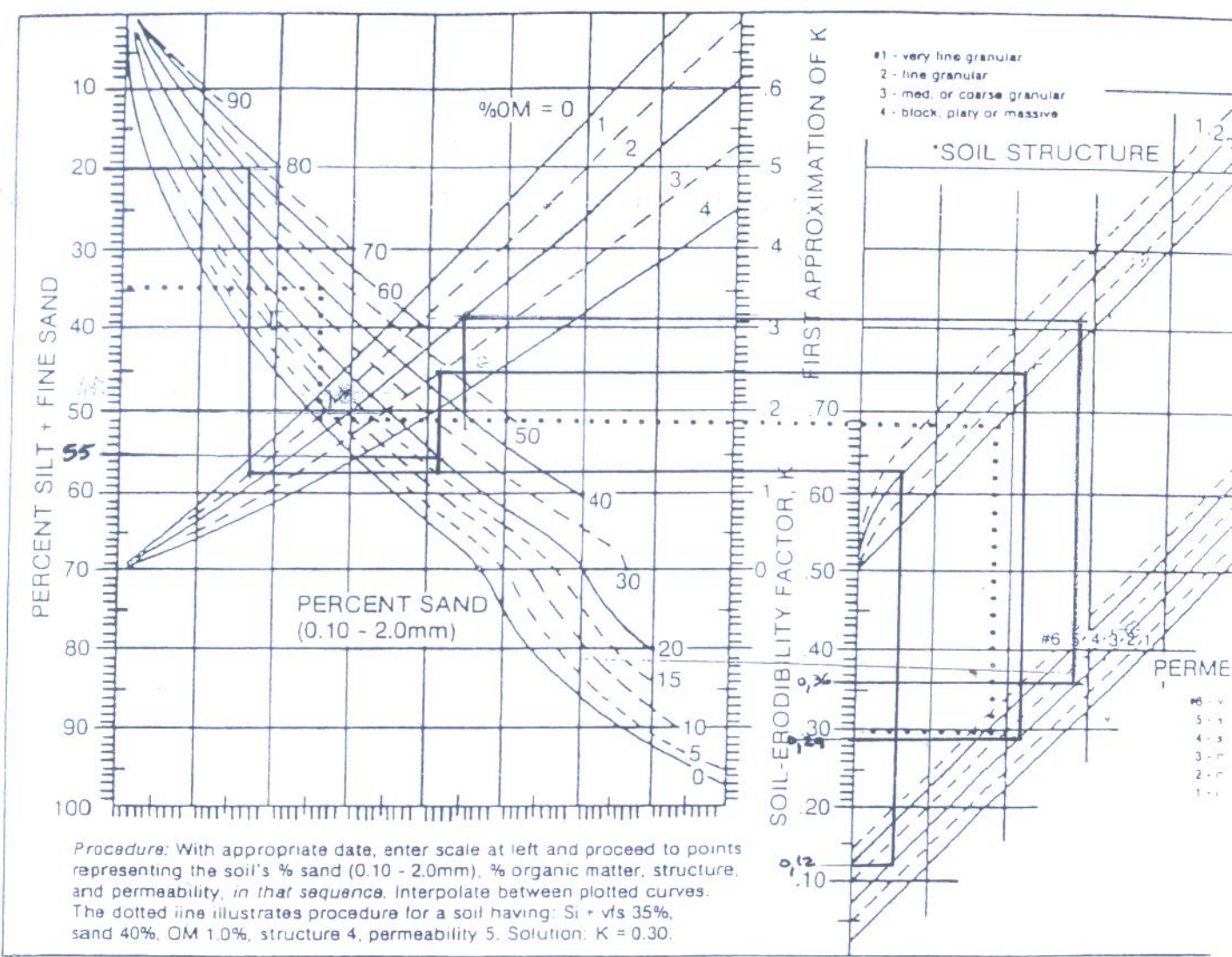


Figure 7.2. Nomograph for determining the soil erodibility factor, K.

Table 4.—Effect of bare soil, soil reconsolidation and residual binding on TILLED SOILS.

*efeito de solo nu, reconsolidação do solo e resíduos ligantes em solos*

4a.—Good initial fine root mat in topsoil and subsoil has good structure and permeability.

Percent bare soil % d' solo <i>descoberto</i>	Time (months) since tillage			
	0	6	12 and 72 +	24 + thru 60
0	.0000	.0000	.0000	.0000
1	.0014	.0017	.0018	.0020
2	.0029	.0033	.0036	.0041
5	.009	.011	.012	.013
10	.019	.022	.023	.026
20	.037	.045	.049	.056
30	.059	.068	.074	.084
40	.083	.095	.104	.117
50	.108	.124	.136	.153
60	.137	.157	.172	.194
70	.169	.194	.212	.240
80	.212	.244	.267	.301
85	.241	.277	.303	.342
90	.274	.315	.344	.388
95	.313	.360	.393	.444
100	.360	.414	.450	.510

*4b raízes finas iniciais fortes na superfície do solo. Subsolo tem uma boa estrutura e permeabilidade.*

4b.—Poor initial fine root mat in topsoil. Subsoil has good structure and permeability.

Percent bare soil	Time (months) since tillage					
	0	6	12 thru 36	48	60	72+
0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
1	.0021	.0023	.0025	.0022	.002	.0018
2	.0042	.0047	.0050	.0045	.004	.0036
5	.014	.015	.016	.015	.013	.0117
10	.027	.031	.033	.029	.026	.023
20	.058	.065	.069	.060	.054	.049
30	.087	.098	.013	.092	.082	.074
40	.122	.135	.144	.129	.115	.104
50	.159	.176	.188	.167	.150	.135
60	.201	.224	.239	.213	.190	.171
70	.249	.277	.296	.263	.235	.212
80	.313	.348	.352	.330	.295	.266
90	.403	.448	.479	.426	.380	.342
95	.461	.513	.548	.487	.435	.392
100	.530	.590	.630	.560	.500	.450



TABLE I. ENERGIE CINETIQUE D'UNE PLUIE NON OROGRAPHIQUE  
1ère Partie: en joules/m<sup>2</sup> par centimètre de pluie

Intensité cm/ heure	Intensité									
	. 0	. 1	. 2	. 3	. 4	. 5	. 6	. 7	. 8	. 9
0.0	0.00	32.3	59.09	74.76	85.88	94.51	101.56	107.51	112.68	117.23
0.1	121.30	124.98	128.35	131.44	134.31	136.97	139.47	141.81	144.02	146.11
0.2	148.09	149.98	151.78	153.49	155.14	156.72	158.23	159.69	161.10	162.45
0.3	163.76	165.03	166.26	167.45	168.60	169.72	170.81	171.87	172.90	173.91
0.4	174.88	175.84	176.77	177.68	178.57	179.44	180.29	181.12	181.93*	182.73
0.5	183.51	184.27	185.02	185.76	186.48	187.19	187.89	188.57	189.25	189.91
0.6	190.56	191.19	191.82	192.44	193.05	193.65	194.24	194.82	195.39	195.96
0.7	196.51	197.06	197.60	198.14	198.66	199.18	199.69	200.20	200.70	201.19
0.8	201.68	202.16	202.63	203.10	203.56	204.02	204.47	204.92	205.36	205.80
0.9	206.23	206.66	207.08	207.50	207.91	208.32	208.72	209.12	209.52	209.91
1.0	210.30	210.69	211.07	211.44	211.82	212.19	212.55	212.92	213.28	213.63
1.1	213.98	214.33	214.68	215.02	215.37	215.70	216.04	216.37	216.70	217.02
1.2	217.35	217.67	217.99	218.30	218.62	218.93	219.23	219.54	219.84	220.14
1.3	220.44	220.74	221.03	221.32	221.61	221.90	222.19	222.47	222.75	223.03
1.4	223.31	223.58	223.85	224.13	224.39	224.66	224.93	225.19	225.45	225.71
1.5	225.97	226.23	226.48	226.74	226.99	227.24	227.49	227.74	227.98	228.22
1.6	228.47	228.71	228.95	229.19	229.42	229.66	229.89	230.12	230.35	230.58
1.7	230.81	231.04	231.26	231.49	231.71	231.93	232.15	232.37	232.59	232.80
1.8	233.02	233.23	233.45	233.66	233.87	234.08	234.29	234.49	234.70	234.91
1.9	235.11	235.31	235.51	235.72	235.91	236.11	236.31	236.51	236.70	236.90
2.0	237.09	237.28	237.48	237.67	237.86	238.05	238.23	238.42	238.61	238.79
2.1	238.98	239.16	239.34	239.53	239.71	239.89	240.07	240.25	240.42	240.60
2.2	240.78	240.95	241.13	241.30	241.47	241.64	241.82	241.99	242.16	242.33
2.3	242.49	242.66	242.83	243.00	243.16	243.33	243.49	243.65	243.82	243.98
2.4	244.14	244.30	244.46	244.62	244.78	244.94	245.09	245.25	245.41	245.56
2.5	245.72	245.87	246.02	246.18	246.33	246.48	246.63	246.78	246.93	247.08
2.6	247.23	247.38	247.53	247.68	247.82	247.97	248.12	248.26	248.40	248.55
2.7	248.69	248.83	248.98	249.12	249.26	249.40	249.54	249.68	249.82	249.96
2.8	250.10	250.24	250.37	250.51	250.65	250.78	250.92	251.05	251.19	251.32
2.9	251.45	251.59	251.72	251.85	251.98	252.11	252.25	252.38	252.51	252.64