

AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MOSTEIROS, RIBEIRA DO PAUL E RIBEIRA FAJÃ SERVINDO DE APOIO À AGRICULTURA IRRIGADA: A EXPERIÊNCIA CABO-VERDIANA

Antonio Pedro Said Aly Pina¹; Itabaraci Nazareno Cavalcante²; George Satander Sá Freire² & Maria da Conceição Rabelo Gomes³

RESUMO - O trabalho objetiva discorrer sobre as Bacias Hidrográficas do Mosteiro, Ribeira do Paul e Ribeira Fajã que servem de apoio à agricultura irrigada em Cabo Verde. A metodologia utilizada foi a classificação adotada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América, onde a salinidade é calculada em função da Condutividade Elétrica do Extrato da Saturação (CE), da Percentagem de Sódio Trocável (PST) ou da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e do pH. Conclui-se que em Junho de 2006, a classificação da água das amostras (Nascente da Ilha do Fogo e do Furo de exploração FF – 21, da Galeria de Fajã – S, Nicolau e do furo FA -57 em Santo Antão) foram de baixo risco de salinidade e de sódio ($C_1 S_2$). Em Maio de 2007 tiveram a mesma classificação, portanto, estabilizadas na salinidade, com concentrações de Ferro, Cloretos e de Sódio dentro dos padrões para a irrigação.

ABSTRACT - The objective work to discourse on the Basins Hydrographical of the Monasteries, Ribeira of the Paul and Ribeira Fajã that serve of support to the agriculture irrigated in Caboverdiana. The used methodology was the classification adopted for the Laboratory of Salinity of the United States of America, where to the salinity it is calculated in function of the Electric Condutividade of the Extract of Saturation (CE), the Percentage Sodium (PST) or of the Reason of Adsorption Sodium (RAS) and of pH. One concludes that in June of 2006, the classification of the water of the characterized samples (Rising of the Island of the Fire and the Puncture of exploration FF - 21, of the Gallery of Fajã - S, Nicolau and of the puncture FA -57 in Antão Santo) had been of low risk of salinity and sodium ($C_1 S_2$). In May of 2007, they had had the same classification, with concentrations of Iron, Chlorides and of Sodium inside of the standards for the irrigation.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas, Agricultura, Cabo-Verdiana.

¹ Engenheiro Químico do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos de Cabo Verde. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geologia do Departamento de Geologia/CC/UFC. Email: salypina@hotmail.com; antoniopp@ingrh.gov.cv;

² Prof. Dr. Associado do Departamento de Geologia- DEGEO/CC/UFC. E-mail: ita@fortalnet.com.br & freire@ufc.br.

³ Doutoranda em Geologia-DEGEO/CC/UFC (Bolsista CAPES/REUNI). E-mail: conceicaorabelo@yahoo.com.br.

1. INTRODUÇÃO

O setor dos Recursos Hídricos vem ganhando importância e interesse por parte da sociedade Caboverdiana que se conscientizou de que o recurso é escasso, o desperdício é alto e a qualidade está sendo prejudicada. Tal constatação tem provocado atualmente grandes discussões sobre a racionalização e o aproveitamento de águas de qualidade inferior. No entanto, a utilização dessas águas na agricultura, requer um controle eficiente do processo de salinização no solo a fim de se evitar prejuízos ainda maiores ao meio ambiente. A experiência Cabo-verdiana neste campo é recente e a filosofia adaptada é fortemente marcada pela participação da sociedade na elaboração dos planos, como forma de dar-lhes maior legitimidade, na medida em que eles passam a incorporar as reivindicações, anseios e propostas da comunidade. Os estudos desenvolvidos buscam a elaboração de um diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos que possibilite traçar diferentes cenários, analisando alternativas de crescimento demográfico, da evolução de atividades produtivas e das modificações dos padrões de ocupação do solo e, assim, o objetivo deste trabalho é discorrer sobre as Bacias Hidrográficas do Mosteiro, Ribeira do Paul e Ribeira Fajã que servem de apoio à agricultura irrigada em Cabo-Verdiana.

2. DISCRICÃO DAS ILHAS

O arquipélago de Cabo Verde ocupa posição geológica de destaque entre as ilhas Atlânticas, fato que resulta, principalmente, de formações de idade mesozóica. Nos outros arquipélagos do Atlântico Norte as rochas mais antigas são, miocênicas.

As três (3) Bacias Hidrográficas (Mosteiros no Fogo, Ribeira do Paul em Santo Antão, e Ribeira Fajã em São Nicolau) constituem a área de estudo.

2.1. A Ilha do Fogo - Bacia Hidrográfica do Mosteiros

A Ilha do Fogo (Figura 1) é ainda, um vulcão ativo; nas restantes o vulcanismo deve, talvez, considerar-se extinto, não devendo, em muitas das ilhas, ter havido qualquer atividade desde o Pliocênico. Abundam calcários fossilíferos que resultam, em geral, da submersão temporária de algumas das ilhas durante o Terciário.

Na ilha do Fogo parece ter havido duas fases vulcânicas distintas: o complexo carbonatítico está recortado por numerosos filonetos de lavas alcalinas, mais ou menos alternadas, que não penetram, em caso nenhum, nas lavas modernas que cobrem agora o complexo.

Mais recentemente, depois dos carbonatitos se terem elevado acima do mar, a atividade vulcânica da ilha do Fogo concentrou-se a leste daquele complexo, mais antigo, tendo construído

um grandioso cone que deve ter atingido perto de 4000m de altitude. As lavas são nefeliníticas ou afins e alteram com camadas de piroclastos; numerosos cones de escórias distribuem-se também pelos flancos da montanha (MACHADO & ASSUNÇÃO, 1965), muitos deles dado origem a corrente de lava.

Na ilha do Fogo, as condições de pluviosidade são muito dependentes da altitude e da exposição aos ventos dominantes. A beira-mar, do lado sul, a precipitação média anual não atinge 200 mm, na costa do lado norte o valor já é 200% maior e, dentro da caldeira, a média anual excede 1000 mm. Esta chuva é suficiente para alimentar níveis aquíferos mas, infelizmente, as lavas recentes estão fendilhadas e apresentam permeabilidade. A água infiltra-se e praticamente só para no nível de base. Por isso, as melhores nascentes surgem ao nível do mar; servem bem para o abastecimento da população, mas não permitem a prática de irrigação.

Excepcionalmente há águas retidas por tufos impermeáveis que alimentam pequenas nascentes altas (dentro e fora da caldeira).

As reservas a níveis elevados devem ser, porém, insignificantes, servindo, quando muito, para o abastecimento de alguns pequenos núcleos populacionais.

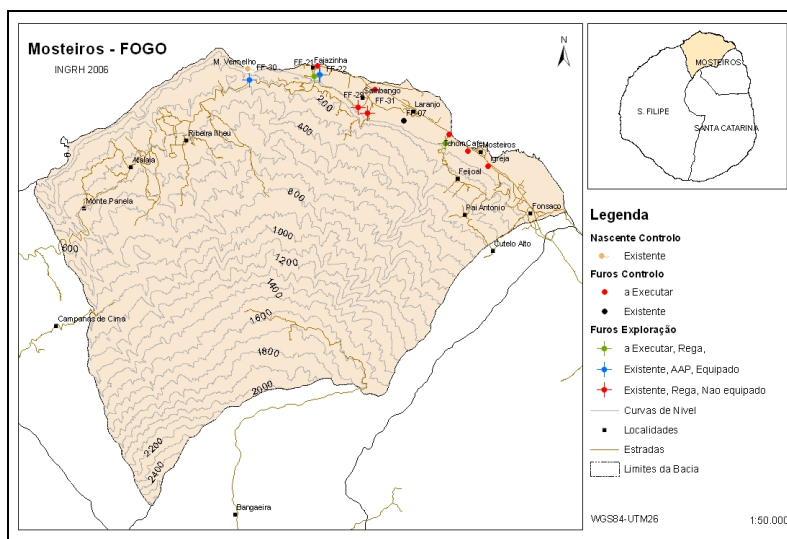


Figura 1. Ilha do Fogo – Bacia Hidrográfica do Mosteiro, pontos de exploração e de captação da água.

2.2. Santo Antão - Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paul

Santo Antão (Figura 2) e Santiago são as ilhas mais antigas, onde a erosão torrencial talhou profundos vales. Estas ilhas parecem não ter estado submersas (em graus significativos) depois da atividade vulcânica que construiu os elevados dorsos montanhosos ali existentes.

Na ilha de Santo Antão as lavas mais antigas têm hábito basáltico e formam elevado dorso montanhoso com altitudes próximas de 2000m. Deve ter havido vários centros vulcânicos

principais: um correspondente à Cova, outro ao Tope da Coroa e possivelmente um terceiro, em posição intermédia, hoje muito destruída pela erosão. Ao contrário do que sucedeu em muitas das outras ilhas, nota-se em Santo Antão importante diferenciação magnética. As últimas erupções emitiram produtos muito mais ácidos e tiveram caráter altamente exclusivo. A ilha deve ter ficado coberta de pedra-pomes e cinzas fonolíticas. Parte da pedra-pomes está aglutinada em tufos pozolânicos que devem corresponder a avalanchas ardentes (atividade poleana).

As condições hidrológicas de Santo Antão e de Santiago são bastante favoráveis. Nas cristas montanhosas destas ilhas a pluviosidade é relativamente elevada e a constituição litológica inclui níveis impermeáveis que retêm níveis aquíferos.

Há numerosas nascentes aproveitadas para irrigação, sendo notável o contraste entre as zonas costeiras áridas e os vales regados. Em muitos pontos a água subterrânea está perto da superfície, sendo fácil a captação por meio de poços não muito profundos.

Na parte ocidental da ilha, há, também, irrigação, embora em menor escala. Um fato notável é a abundância de nascentes bicarbonatadas alcalinas, de certa forma, relacionado com a relativa juventude dos fenômenos vulcânicos dessa ilha.

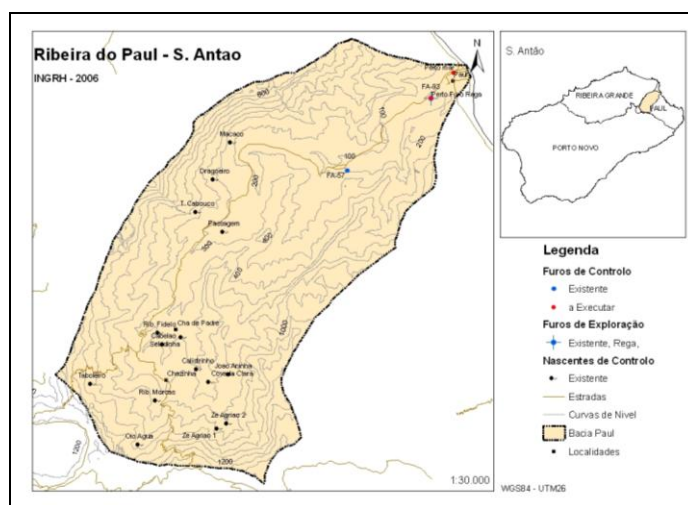


Figura 2. Santo Antão – Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paul, pontos de exploração e de captação da água.

2.3. São Nicolau – Bacia Hidrográfica na Ribeira Fajã

A ilha de São Nicolau (Figura 3) forma também um dorso, com orientação E-W, que é atravessado na direção N-S por notável escarpa da falha. BEBIANO (1932) admitiu que esta é a mesma falha cuja existência se correlaciona a ilha do Fogo.

O bloco mais elevado fica a oeste e atinge a altitude de 1312m. A erosão já modificou o aspecto da escarpa mas a rejeição inicial da falha devia ser superior a 500m.

As rochas da ilha são produtos de hábito basáltico, com alguns fonolíticos e outras rochas relativamente ácidas.

Na base da escarpa de falha afloram palagonitos, que podem corresponder ao complexo mais antigo. Em vários pontos da ilha parecem também existir pequenas segregações de rochas granulares.

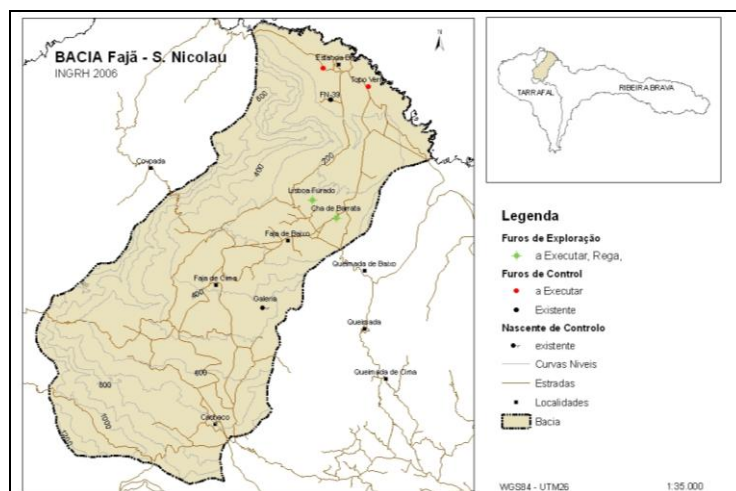


Figura 3. S. Nicolau – Bacia de Fajã, pontos de exploração e de captação da água.

3. METODOLOGIA APLICADA PARA CALCULAR OS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA SALINIDADE

O Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América classifica os solos quanto à salinidade em função da Condutividade Elétrica do Extrato da Saturação (CE), da Percentagem de Sódio Trocável (PST) ou da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e do pH (Tabela 1).

A linha divisória entre o solo salino e não salino tem estabelecido o valor de 4 $\mu\text{S}/\text{m}$ para extratos de pasta saturada do solo. Entretanto, podemos encontrar plantas sensíveis a sais, que podem ser afetadas em solos cujos estratos de saturação apresenta CE entre 2 e 4 $\mu\text{S}/\text{m}$. O comitê de Terminologia da Sociedade Americana de Ciência do Solo tem recomendado baixar o limite entre os solos salinos e não salinos para 2 $\mu\text{S}/\text{m}$.

Tabela 1. Classificação dos solos (Laboratório de salinidade dos Estados Unidos da América)

SOLO	CE (mmhos/cm)	RAS (%)	pH
NORMAL	< 4	<13	<8,5
SALINO	>4	<13	<8,5
SÓDICO	< 4	>13	\geq 8,5

SALINO/SODICO	>4	>13	<8,5
---------------	----	-----	------

3.1 O pH

O pH de uma solução aquosa é o logaritmo negativo da atividade do íons hidrogênio. É uma medida adimensional.

O pH do solo é influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis, composição e concentração dos sais solúveis e a presença ou ausência do gesso e carbonatos de cálcio e magnésio.

3.2 CONDUTIVIDADE ELETRICA DO EXTRATO DA SOLUÇÃO

A condutividade elétrica (CE) expressa a habilidade que um meio apresenta em conduzir uma corrente elétrica.

Devido ao fato de que CE de uma solução aquosa está intimamente relacionada com a concentração total de eletrólitos dissolvidos (solutos iônicos) na solução, ela é comumente usada como uma expressão da concentração total de sais dissolvidos de uma amostra aquosa, embora também seja afetada pela temperatura da amostra, pela mobilidade, valência e concentração relativa dos íons contidos na solução. A temperatura padrão para medição é de 25°C e sua unidade de medida é dada em *miliohms* por centímetro ou *deciSiemens* por metro, ambas numericamente equivalentes.

A determinação da CE geralmente envolve a medição da resistência elétrica da solução, a qual é inversamente proporcional a sua área seccional e diretamente proporcional ao seu comprimento. A magnitude da resistência medida depende, contudo, das características da célula condutivimétrica usada para conter a amostra de eletrodo. A CE de um solo pode ser determinada por meio de um extrato de uma pasta de solo saturado ou em suspensão mais diluída. Porém, para preparação da pasta de saturação, há necessidade de um bom adestramento técnico e certas precauções com a textura do solo.

3.3. PERCENTAGEM DO SÓDIO TROCÁVEL (PST)

O sódio pode ser retido por adsorção nas argilas que tem alta capacidade de troca catiônica. O sódio é o cátion responsável pelo aumento da salinidade das águas subterrâneas. O teor de sódio tende a aumentar gradativamente à medida que a água subterrânea percorra na zona de recarga até as suas zonas mais confinadas. Para a agricultura, as águas com elevadas concentrações de sódio

são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo. Representa a percentagem do sódio em relação aos demais cátions adsorvidos. Seu valor é dado pela equação 1 (Richards, 1954).

$$PST = \frac{Na}{(Ca + Mg + Na + H + Al)} 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

3.4. RAZÃO DE ADSORÇÃO DE SÓDIO (RAS)

A RAS é um índice que expressa a possibilidade de que a água de irrigação provoque a sodificação do solo, no que depende a proporção do Na^+ em relação aos demais cátions, em $mmol_c L^{-1}$ (equação 2 e Tabelas 1 e 2). A RAS é calculada pelo Nomograma de Richards, 1954.

$$RAS = \frac{Na^+}{\left[\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2} \right]^{0,5}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Considerando que há um equilíbrio entre forma solúveis e trocáveis de um determinado cátion, deve existir uma relação matemática entre RAS e a PST do solo de um determinado local. Desse modo, conhecendo-se essa relação, pode-se estimar a PST de forma rápida e indireta na ausência dos resultados de análise do complexo eruptivo. Segundo Richards (1954), para os solos do Oeste dos Estados Unidos obteve uma estimativa de acordo com equação 3.

$$PST = \frac{100(0,01475 \times RAS)}{1 + (0,01475 \times RAS)} \quad \text{(Equação 3)}$$

Tabela 1. Classificação da água de irrigação quanto ao risco de salinidade (Frenkel,1984 e Pizarro,1985).

Classes de Salinidade	Riscos de Salinidade	Faixas de CEa ($\mu S/cm$)
C ₁	Baixo	<750
C ₂	Médio	750 – 1500
C ₃	Alto	1500 – 3000
C ₄	Muito alto	>3000

Tabela 2. Classificação da água de irrigação quanto aos riscos de sodicidade (Ayrres & Westcot, 1991).

RAS (mmol) ^{1/2}	CLASSES DE SODICIDADE		
	S ₁ (sem problemas)	S ₂ (problemas crescentes)	S ₃ (problemas severos)
	CEa (µS/cm)		
0 – 3	>700	700 – 200	<200
3 – 6	>1200	1200 – 300	<300
6 – 12	>1900	1900 – 500	<500
12 – 20	>2900	2900 – 1300	<1300
20 - 40	>5000	5000 - 2900	<2900

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A classificação da qualidade da água de irrigação utilizada mundialmente foi desenvolvida pelo Laboratório de Salinidade de Riverside (Richards, 1954). A classificação leva em conta condutividade elétrica e sua adsorção de sódio (RAS) e os valores médios obtidos foram obtidos com base em áreas irrigadas.

Entretanto, durante as últimas décadas consideráveis opiniões têm sido produzidas depois da utilização destas águas em áreas de regiões de clima árido e no semi-árido. No centro destas discussões, em 1976, a FAO (Fundo Mundial de Alimentação) desenvolveu um novo guia para uma rápida avaliação do uso destas águas. Este guia foi parcialmente reformulado por Ayers & Westcot, em 1985.

A relação entre a composição química da água e a salinidade do solo, o efeito do sódio na taxa de infiltração e a especificidade tóxica de vários aniões e outros efeitos específicos são levados em conta nestes guias.

A variação na qualidade das águas para a irrigação depende da zona climática, fonte de água, trajeto percorrido, época do ano, geologia da região e desenvolvimento da irrigação. Normalmente, águas das zonas áridas ou em épocas mais secas do ano apresentam maior teor de sais; águas subterrâneas são mais salinas do que as águas dos rios e estas próximas da foz, contêm mais sais do que próximas a nascente.

A avaliação dos riscos de salinização de uma determinada área mediante a água de irrigação não poderá ser realizada simplesmente pela qualidade da água, pois seus efeitos dependem das características do solo, da tolerância das culturas a serem exploradas, das condições climáticas

locais e do manejo da irrigação e drenagem, além de suas características físico-químicas. Desse modo, a qualidade da água de irrigação pode ser considerada como um importante fator, mas nunca deve ser esquecido que ela é tão somente um dos fatores e que não é possível desenvolver um sistema de classificação que possa ser utilizado sob todas as circunstâncias.

Na realidade, não existe um limite fixo da qualidade das águas e seu uso é determinado pelas condições que controlam a acumulação dos sais e seus efeitos nos rendimentos das culturas (Ayers & Westcot, 1999). Uma irrigação mesmo com baixos teores de sais (CE entre 0,1 a 1,0 $\mu\text{S}/\text{m}$) podem surgir problemas de salinização, não pela água utilizada mas devido a elevação do lençol freático provocado pela aplicação de lâminas excessivas de água, perdas de água em canais de distribuição e drenagem deficiente. A seguir são apresentados as tabelas com os parâmetros analisados e os resultados obtidos. A Tabela 3 foi elaborada com base nas amostras analisadas na Divisão dos Serviços Laboratoriais do INGRH (Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos).

Tabela 3. Tabela resumo dos resultados obtidos.

Pontos	Local de coleta	Data	PARÂMETROS ANALISADOS							
			Na ⁺ (meq/L)	Ca ²⁺ (meq/L)	Mg ²⁺ (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	PST %	RAS (mmol/L) ^{1/2}	RAS ⁰ (mmol/L) ^{1/2}
Nascente	Ilha do Fogo	Maior/07	0,99	0,76	0,60	1,37	303	0,75	1,20	1,01
FF - 21	Ilha do Fogo	Maior/07	2,53	1,08	1,87	2,08	653	4,20	3,80	3,61
Fajã Galeria	Ilha do São Nicolau	Maior/07	2,23	0,82	0,89	1,64	446	2,60	2,70	2,17
FA - 57	Santo Antão	Maior/07	1,42	0,70	0,86	1,81	412	3,50	3,55	2,77

5. CONCLUSÕES

Com base nas amostras recolhidas, dos parâmetros analisadas e dos resultados obtidos no Laboratório do INGRH permitimos concluir que:

- ✚ Em Junho de 2006, a classificação da água das amostras caracterizadas (Nascente da ilha do Fogo e do Furo de exploração, ou seja, poço tubular referenciado por, FF – 21, da Galeria de Fajã – S, Nicolau e do Furo FA -57 em Santo Antão) foram de Baixo risco de Salinidade e de Sódio (C₁ S₂).
- ✚ Em Maio de 2007, tiveram a mesma classificação. Portanto, uma melhoria considerável na salinidade, com concentrações de Ferro, Cloretos e de Sódio dentro dos padrões para a irrigação.

- ✚ O termo salinidade se refere a existência de níveis de sais no solo que possam prejudicar de maneira economicamente significativa o rendimento das plantas cultivadas.
- ✚ A sensibilidade a existência de maiores ou menores teores de sais no solo é uma característica de cada tipo de planta, que absorvidos e acumulados nos tecidos com concentrações suficientemente altas para provocar danos e reduzir seus rendimentos. Umam toleram concentrações altas como a cevada e o algodão, enquanto que outras, como o feijão e a cenoura, são bastante sensíveis, mesmo a teores baixos. A magnitude dos danos depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirada.

Ressalta-se que fazendo análises do Risco de Salinidade e de Sodicidade não há distinção nos resultados quando analisados diferentes pontos de coleta na mesma data.

- ✚ Observou-se uma relação direta entre os meses sem precipitação e com alta evaporação, e o alto risco de salinidade.
- ✚ Tem-se observado que a salinização, onde há irrigação, ocorre mais comumente nas zonas que possuam baixa precipitação. A irrigação por sulco de baixíssima eficiência, é um fator que tem contribuído com grande intensidade para a evolução do processo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ayers and Westcot, (1985) – Evaluation of salinity of the water and the ground

BEBIANO, J. BACELAR (1932) - A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde. Com. Serv., Geol. Port., t, 18, pp. 1-275.

MACHADO, F. (1965a) – Vulcanismo das ilhas de Cabo Verde e das outras Ilhas Atlânticas. J. inv. Ultramar, Lisboa.

(1965b) – Mechanism of Fogo volcano, Cape Verde Island. Garcia de Orta, v. 13, pp, 597 – 604.

MACHADO, F. e ASSUNÇÃO, C. F. T. de (1965) - Carta Geológica de Cabo Verde (na escala de 1/100 000); noticia explicativa da folha da ilha do Fogo; estudos petrográficos. Garcia de Orta, v.13, pp. 597-604.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook, n.60, Washington, 160p., 1954.