

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/271576557>

Disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en la isla de Terceira

Conference Paper · January 2015

DOI: 10.13140/2.1.1251.8721

CITATION

1

READS

116

3 authors:



J. C. Fontes

University of the Azores

21 PUBLICATIONS 211 CITATIONS

SEE PROFILE



Francisco Cota Rodrigues

University of the Azores

30 PUBLICATIONS 53 CITATIONS

SEE PROFILE



Juan Carlos Santamarta

Universidad de La Laguna

328 PUBLICATIONS 695 CITATIONS

SEE PROFILE

ISBN: 978-84-938046-4-0

DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS EN LA ISLA DE TERCEIRA

José Carlos FONTES¹, Francisco C. RODRIGUES² y Juan C. SANTAMARTA³

¹Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, 9700 Angra do Heroísmo.
jfontes@uac.pt

²Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, 9700 Angra do Heroísmo.
cota@uac.pt

³Universidad de La Laguna. Área de Ingeniería Agroforestal. Tenerife. jcsanta@ull.es

RESUMEN

La isla de Terceira (Azores), con una extensión cercana a 400 km², está formada por tres grandes estratovolcanes, compuestos por materiales volcánicos de naturaleza efusiva y muy explosiva. En estos materiales, el movimiento de las aguas subterráneas comprende una zona no saturada con el flujo predominantemente vertical, hasta llegar a la zona saturada. Esta zona consiste en un cuerpo lenticular de agua dulce, base del acuífero, con una cota cercana al nivel del mar, limitado inferiormente por la mezcla entre el agua dulce y el agua salada del mar. La escorrentía proviene de los cursos de agua que fluyen por los barrancos ocupados por la vegetación natural, el pastoreo, y los pastizales con una rotación maíz-pastos. El recurso hídrico, cualquiera que sea su procedencia, superficial o subterránea, es utilizado para el suministro urbano, la agricultura y el suministro industrial. El volumen de agua de procedencia subterránea en la isla de Terceira se puede establecer en una media de 5,4 hm³, la agricultura consume 1,6 hm³ del total. El agua superficial, se suele almacenar en estanques artificiales y depósitos. Su uso principal, es el agropecuario, estimándose en 3,1 hm³.

Palabras clave: Recursos Hídricos, Disponibilidad, Escorrentía, Azores.

ABSTRACT

Terceira Island (Azores) with an area nearly 400 km², consists of three large stratovolcanoes composed of volcanic materials very effusive and with explosive nature. In these materials, the movement of groundwater comprises a predominantly unsaturated with vertical flow, up to the saturated zone. This area consists of a lenticular body of fresh water aquifer base, with a height close to sea level, bounded below by the mixing zone between fresh water and salt water from the sea. Runoff comes from watercourses flowing through the ravines occupied by natural vegetation, grazing, and pasture with a corn-grazing rotation. water resources, whatever their source, surface or underground, is used for urban supply, agricultural and industrial supply. The water balance, as groundwater sources, on the island of Terceira, can be set at an average of 5.4 hm³, agriculture consumes 1.6 hm³, of the total. The surface water is usually stored in artificial ponds and reservoirs, their primary use is agricultural, estimated at 3.1 hm³.

Key words: *Water Resources Availability, Runoff, Azores.*

INTRODUCCIÓN. CONDICIONANTES HIDROLÓGICOS

La isla de Terceira pertenece al grupo central del archipiélago de las Azores, entre las latitudes 38° 38' 10" N y 38° 47' 40" N y longitud 27° 03' 00" W y 27° 24' 00" W (Figura 1). Como el resto de las nueve islas de las Azores, pertenece a la región denominada Macaronesia que también incluye a los archipiélagos de Madeira, Salvaje, Canarias y Cabo Verde. En términos de superficie, la isla de Terceira ocupa aproximadamente 401,6 km² (17,1% de la superficie total del archipiélago), con una longitud y anchura máxima de 29 y 17,5 kilómetros.

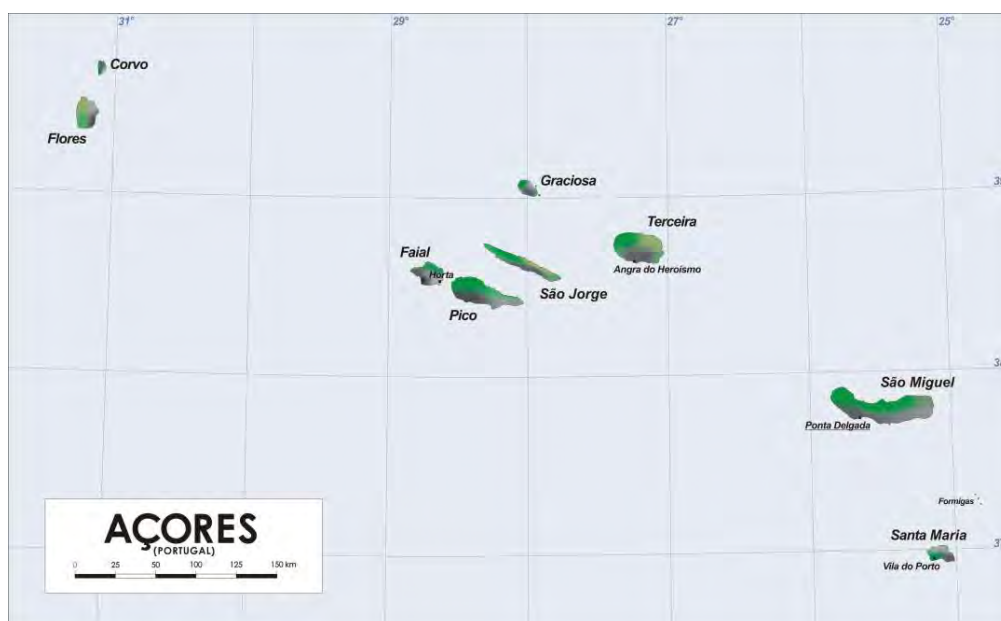


Figura 1. El archipiélago de Azores, en el grupo central se puede localizar la isla de Terceira.

Geomorfología y Geología

De modo general, la geomorfología de las islas jóvenes de naturaleza volcánica es compleja. Se caracteriza por una orografía abrupta y elevadas altitudes. Estos rasgos condicionan la hidrología de estos territorios, induciendo especificidades hidrometeorológicas locales, la formación de la escorrentía superficial y la hidrodinámica del agua subterránea. El origen, la geología y el proceso de formación de las islas volcánicas condicionan notablemente el aprovechamiento, uso y, efectos, tanto positivos y negativos, de los recursos hídricos en el medio insular (Santamarta, 2013).

La isla de Terceira se divide en cuatro unidades estructurales principales, que consisten en los estratovolcanes de los Cinco Picos de Guilherme Moniz y Santa Bárbara, Pico Alto, así como, una franja deprimida, situada entre estas dos erupciones volcánicas, Zona de Transición

La isla de Terceira, como la mayoría de los edificios volcánicos atlánticos, es el resultado de una serie de procesos volcánicos y tectónicos, que incluye una fase proto-insular, caracterizada por erupciones submarinas, que van formando un volcán sumergido hasta alcanzar la superficie del mar, continuando con una actividad eruptiva subaérea (Self, 1974).

No se han identificado formaciones y estructuras geológicas de esa primera fase, aunque se admite su presencia en niveles estratigráficos más profundos. Las formaciones subaéreas se corresponden con basaltos alcalinos y productos resultantes de su diferenciación (Schmincke et al., 1972; Schilling, 1975), en particular, hawaiitas, benmoreitas y traquitas de naturaleza comendítica y pantelerítica (Self, 1974).

Hidrografía

La isla de Terceira tiene un alto número de cuencas hidrográficas, con cursos de agua irregulares con perfiles jóvenes. Estos cursos son esencialmente exorreicos, desembocando los cursos del agua en el mar.

La red de drenaje está dispuesta predominantemente de forma radial, alrededor de las tres masas estructurales (Figura 2), Los lechos de los barrancos tienden a ser irregulares. Es frecuente que los cursos de agua presenten desniveles bruscos, asociados a discontinuidades litológicas o accidentes tectónicos (Rodrigues, 1993). Los cursos de agua en algunas ocasiones son permanentes, aunque lo normal, es que aparezcan, tras periodos de lluvia, su aprovechamiento se realiza mediante tomaderos de barranco.

En la isla también hay cuencas endorreicas que desembocan en: lagos, charcas, pantanos y turberas. Según Rodrigues (2002), este efecto viene determinado por varios factores en relación a la hidrología, geomorfología, edafología y la vegetación asociada. La retención de agua en las turberas es la más importante desde el punto de vista hidrológico. Se asocia a formaciones del género *Spagnum* que se presentan en las zonas más húmedas, del interior de la isla y en la parte superior de los grandes macizos volcánicos.

Las características foliares de la cobertura vegetal, permite la interceptación y retención del agua, en una proporción volumétrica que ronda 10 veces la masa vegetal.

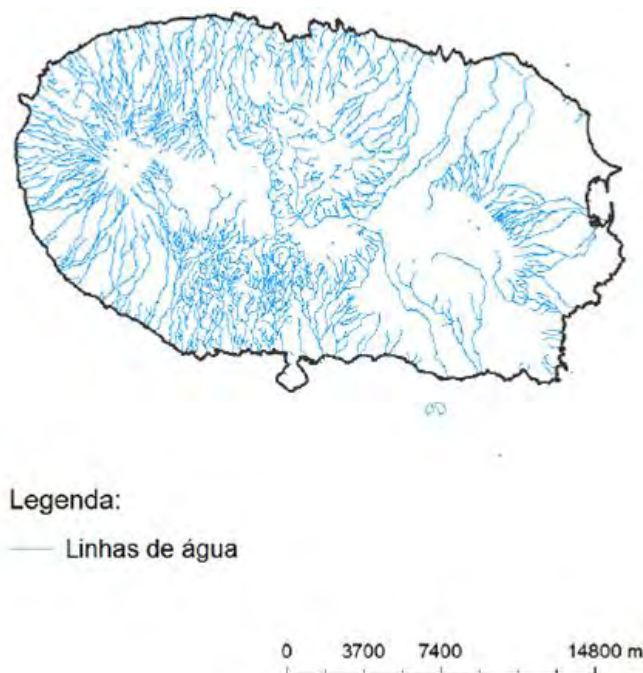


Figura 2. Mapa hidrográfico de la Isla Terceira.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Balance hídrico superficial

La precipitación media en la isla de Terceira es 1647 mm, su cálculo se hace a partir de cuatro estaciones ubicadas desde una cota de 53 msnm hasta una cota de 770 msnm. La precipitación tiene una fuerte variación con la altitud y ocurre todos los meses del año, no obstante, se comprueba que aproximadamente el 75% de la precipitación ocurre en el periodo de octubre a marzo. La relación entre el mes más lluvioso y el mes más seco es de tres, lo que hace un régimen constante de lluvias. La variabilidad interanual es baja, alrededor de 1,5, lo que condiciona la disponibilidad del agua, ya sea superficial o subterránea. La disponibilidad de agua está sujeta a la evapotranspiración real, que muestra una variabilidad débil en la isla, siendo los valores medios de 599 mm/año. Los términos de balance hídrico anual, se complementan con una escurrimiento de 131 mm/año y 917 mm/año de recarga.

Hidrología subterránea

La alta permeabilidad que caracteriza al núcleo rocoso de la isla es la responsable de los procesos hidrogeológicos subterráneos que se procesan en la zona saturada, constituida por un cuerpo hídrico que flota sobre el agua salada procedente de infiltraciones del mar, es el denominado —acuífero de base—. Existe también, una zona no saturada, situada mayoritariamente en las partes emergidas de la isla, donde la existencia de niveles bajos de permeabilidad, tales como paleosuelos, depósitos piroclásticos alterados y coladas compactas, originan puntualmente acuíferos colgados.

Todos los modelos hidrológicos aceptados para Terceira admiten la existencia de esta masa de agua, —acuífero insular—, aunque pueden diferir en aspectos relacionados con la geometría y localización, (Mendonça, 1991, Meneses y Rodrigues, 1993, Bjarnason, 1993 y Rodrigues, 2002). En este trabajo se siguen los modelos propuestos por Meneses y Rodrigues (1993) y Rodrigues (2002).

Sistemas de acuíferos colgados

Los acuíferos colgados, —también conocidos como acuíferos suspendidos— o, perched water en zonas como el archipiélago de Hawaii (Santamarta, 2013), son el resultado de la retención de una fracción de agua por encima del nivel de piezométrico del acuífero de base de la isla, en la zona no saturada. Su presencia se evidencia en los patrones de distribución lateral y vertical de los nacientes, —manantiales—, así como por las características hidrogeológicas de los pozos que interceptan. Las propiedades y configuración de las propiedades hidráulicas de estos cuerpos hídricos dependen de características como: espesor, continuidad, paleorelieve, grados de fracturación y el estado de alteración. También dependen de las características hidráulicas del medio rocoso saturado.

En la isla de Terceira, este tipo de acuíferos se localiza en las vertientes de los tres estratovolcanes insulares, estando los más productivos en el interior de las calderas de Guilherme Moniz y Cinco Picos.

En la Tabla 1 se presentan las principales familias de los acuíferos colgados de la isla de Terceira, así como el número de puntos de descarga, la descarga media, litología de la formación saturada (Rodrigues, 2002). Los acuíferos más productivos de la isla se

Tabla 1. Sistemas de acuíferos colgados en la isla de Terceira, señalando el número de puntos de agua, descargas acontecidas de la formación acuífera (modificado de Rodrigues, 2002).

	Sistema Acuífero	Pontos de água		Q (l s ⁻¹)	Formaciones Acuíferas
		Mananciales	Pozos		
Macizo de Cinco Picos	Lages 1	1	44	1,0	Piroclastos (ignimbritas de Lages)
	Cume 1	40	1	1 - 7	Piroclastos (ignimbritas, lapilli y escorias)
	Cinco Picos 1	-	3	5	Coladas basálticas inferiores
	S. Sebastião	7	23	5 - 7	Depósitos piroclásticos (depósitos freato-volcanicos de S. Sebastião)
	Ribeirinha 1	2	-	0,5	Coladas lávicas (traquibasaltos de Cinco Picos)
	Santiago	3	-	0,2	
	Lages	2	3	2	
	Cume 2	12	-	2	
	Cinco Picos 2	-	2	20	
	Cinco Picos 3	-	6	100	
	Ribeira Seca	3	-	0,3	
Ladeira Grande	1	-	0,1		
Ribeirinha 2	1	-	0,1		
Macizo de G. Moniz-Pico Alto	Agualva	18	-	16 - 27	
	Quatro Ribeiras	28	-	18 - 43	
	Tombo	6	-	1 - 4	
	Cabrito	3	-	45 - 98	Coladas lávicas (basaltos superiores)
	Fonte da Telha	5	-	6 - 28	Coladas lávicas (traquitas de G. Moniz)
	Alagoa	1	-	8 - 15	Coladas lavicas (traquitas de Guilherme Moniz) y piroclastos (ignimbritas de Lages)
	Nasce Água	5	-	50 - 96	Coladas traquíticas de Guilherme Moniz
Macizo de Santa Bárbara	Santa Bárbara	1	-	0,01	Depósitos piroclásticos (pomez)
	Doze Ribeiras	1	-	0,06	
	Serreta	8	-	1 - 5	
	Raminho	6	-	1 - 4	
	Altares	4	-	1 - 3	Depositos piroclásticos (pomez y lahares)
	Cales	2	-	0,15	Coladas lávicas (formacion peralcalina de Santa Bárbara)
	Rib. dos Gatos	2	-	0,01	
	Fajã da Serreta	2	-	0,01	

encuentran en coladas lávicas, en las formaciones peralcalinas de Pico Alto y las formaciones traquibasálticas de Cinco Picos.

El macizo de los Cinco Picos es el que mayor número de acuíferos colgados tiene, agrupándose en un grupo que engloba unidades hídricas poco profundas, asociadas a una litología variada. Otro grupo, más profundo, surge en coladas lávicas (traquibasaltos de Los Cinco Picos).

Los acuíferos Cinco Picos, 1, 2 y 3, se localizan en el interior de la caldera del mismo nombre. Los dos más profundos representan niveles hidroestáticos de 295 a 254 m de altitud, con continuidad a través de la caldera. Estos datos han sido observados gracias a la reciente apertura de pozos en el sector norte de esta depresión, así como, trabajos de explotación geofísica llevados a cabo en la última década.

De todos los macizos insulares, el de Santa Bárbara, es el que presenta menor número de acuíferos colgados, con reducidos caudales. Estos acuíferos son superficiales, algo continuos, localizándose en materiales piroclásticos de naturaleza pumítica.

Sistema de acuífero de base

Existe una masa de agua en el cuerpo basal de la isla, flotando sobre el agua de mar, como se evidencia en la isla de Terceira por el número de perforaciones realizado, alcanzando el nivel del mar (Paradela, 1974 y 1980; Rodrigues, 1993 y 2002).

La presencia de esta masa de agua y su flotabilidad en las aguas marinas, gracias a la diferencia de densidad entre el agua salada y el agua dulce, depende del volumen de agua infiltrado y la conductividad hidráulica de los materiales (Falkland y Custodio, 1991).

La información directa referente a la localización del nivel piezométrico del acuífero en la costa proviene de observaciones efectuadas en pozos construidos a menos de 5 km de la costa, así como, numerosos nacientes que descargan a lo largo de la línea de costa. El análisis de su situación en el interior de la isla se realiza a través de testificación de sondeos geotérmicos construidos recientemente, con profundidades de 250 m, para el abastecimiento energético de la isla, durante el año 2014.

Las descargas medidas en los principales acuíferos colgados es de 276 L/s, que corresponden a 22 mm por año. De los 917 mm que se infiltran en la superficie del suelo, 895 mm recargan el acuífero base.

REFERENCIAS

- Bjanarson, B., (1993). *Groundwater on Small Oceanic Islands. Some Problems and Solutions*. Comunicação apresentada no Seminário Recursos Hídricos e o Ambiente na Região Autónoma dos Açores. Câmara Municipal de Angra do Heroísmo. 10p.
- Falkland, A., E Custódio, E., 1991. *Hydrology and water resources of small islands: a practical guide*. Ed. A. Falkland. UNESCO. 500p.
- Mendonça, J.L.L., (1991). *Prospecção de águas para o abastecimento da Madalena (Pico)*: obra nº 2318. Rel. Técnico Final. Sondagens e Fundações A. Cavaco. 19p.
- Meneses, J.G.A., (1993). *Hidrologia e Hidrogeologia da Ilha Terceira – Grandes Condicionantes*. Comunicação apresentada no Seminário Recursos Hídricos e o Ambiente na Região Autónoma dos Açores. Câmara Municipal de Angra do Heroísmo. 1-56.

- Meneses, J.G.A. Rodrigues, F.C. (1993). *Recursos Hídricos numa Região Vulcânica Insular, o caso da ilha Terceira*. Anais do 2ª Congresso da Água , III: 161-174.
- Paradela, P.L.,(1974). *Sondeos de pesquisa y captacion en las Azores*. Proceedings do Simposio Internacional sobre Hidrologia de Terrenos Volcanicos. Lanzarote, Canarias. 11p.
- Paradela, P.L.,(1980). *Hidrogeologia Geral das ilhas Adjacentes*. Comunicações, Serviços Geológicos de Portugal, 66:241-256.
- Rodrigues, F.C., (1993). *Estudo Hidrogeológico da Ilha Terceira: contributo para o seu conhecimento*. Provas de Apt. Cap. Ped. Científica. Dep. Ciências Agrárias. Univ. dos Açores. p. 139.
- Rodrigues, F.C. (2002). *Hidrogeologia da Ilha Terceira (Açores, Portugal)*. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo. 500p.
- Schilling, J.G., (1975). *Azores Mantle Blob: Rare-Earth evidence*. Earth and Planetary Science Letters, 25:103-115.
- Schmincke, Hans-Ulrich e Wiebel, M., (1972). *Chemical study of rocks from Madeira, Porto Santo and São Miguel and Terceira (Azores)*. N. Jarbuch F. Mineralogie Abhandlugen B.D., 117(3): 253-281.
- Santamarta J.C. et al. (2013). *Hidrología y Recursos Hídricos en Islas y Terrenos Volcánicos*, Colegio de Ingenieros de Montes: Madrid. 556 pp.
- Self, S. (1974). *Recent volcanism on Terceira, Azores*. PhD thesis. London University, Imperial College.

