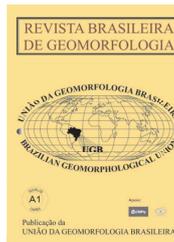


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 20, nº 2 (2019)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1540>



HIDROGEOMORFOLOGIA DA ILHA DA TRINDADE: A ÚNICA REDE HIDROGRÁFICA PERMANENTE NAS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS

HYDROGEOMORPHOLOGY OF THE TRINDADE ISLAND: THE ONLY PERMANENT HYDROGRAFIC NETWORK ON BRAZILIAN OCEANIC ISLANDS

Cristiano Pena Magalhães Marques

Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
ORCID: orcid.org/0000-0001-6345-7129
E-mail: cristianommarques@gmail.com

Antônio Pereira Magalhães Júnior

Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
ORCID: orcid.org/0000-0002-5327-3729
E-mail: antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com

Fábio Soares de Oliveira

Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
ORCID: orcid.org/0000-0002-1450-7609
E-mail: fabiosolos@gmail.com

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
02/01/2019
Aceito (Accepted):
14/03/2019

Palavras-chave:

Hidrogeomorfologia; Ilhas
Oceânicas; Rede de drenagem.

Keywords:

Hydrogeomorphology; Oceanic
Islands; Drainage network.

Resumo:

Entre as ilhas oceânicas brasileiras, todas localizadas no Atlântico (sul e equatorial), Trindade é a única que apresenta cursos d'água e nascentes perenes, exibindo, portanto, um arranjo hidrogeomorfológico *suis generis*. Embora a presença local de água doce venha sendo documentada desde a chegada dos primeiros visitantes, há uma clara carência de abordagens hidrogeomorfológicas sobre a Ilha na literatura. Esta pesquisa possui uma perspectiva hidrogeomorfológica e focaliza a configuração hidrográfica de Trindade. Buscou-se evidenciar o papel das águas superficiais em termos de processos prioritários de erosão e sedimentação, e principais formas e formações superficiais resultantes. O trabalho foi elaborado com base em procedimentos de campo, totalizando cerca de 50 dias de trabalho *in locu*, e de geoprocessamento, que envolveu a utilização de cálculos morfométricos. Os resultados indicaram que o sistema fluvial de Trindade apresenta características típicas de zonas de produção de sedimentos, ou das denominadas bacias de cabeceira. Há áreas que exibem características distintas em relação ao comportamento da drenagem superficial, ou seja, foram identificados padrões, ou tipos de áreas de escoamento. Nessa perspectiva, foram identificadas

33 bacias hidrográficas, além de uma infinidade de pequenas áreas de escoamento direto e 32 nascentes. Verificou-se a presença de bacias bem drenadas, muito bem drenadas, e, sobretudo, excepcionalmente bem drenadas, reflexo da grande incidência de feições erosivas (canais efêmeros).

Abstract:

Among the Brazilian oceanic islands, all located in the South and Equatorial Atlantic area, Trindade is the only one that presents water courses and perennial springs, presenting, therefore, a *sui generis* hydrogeomorphological arrangement. Although the presence of fresh water has been documented since the arrival of the first visitors, there is a clear lack of hydrogeomorphological approaches about Trindade in the literature. The investigation of the spatial-temporal distribution of rainwater and fluvial water flows contributes to the understanding of their geomorphological mechanisms. This research has a hydrogeomorphological perspective and focuses on the hydrographic configuration of Trindade Island. It was sought to highlight the role of surface waters in terms of erosion and sedimentation processes, and major surface forms and materials. The research was based on field procedures (about 50 days) and geoprocessing techniques, which involved the use of morphometric analyses. The results show that Trindade's fluvial system presents characteristics that are typical from sediment production zones or headwaters. In addition, it was pointed out the existence of areas that exhibit distinct characteristics in relation to the surface drainage behavior, that is, patterns or types of drainage areas. From this perspective, 33 river basins were identified, as well as many small runoff areas and 32 springs. There is the presence of well drained, very well drained, and above all exceptionally well drained basins, reflecting the high incidence of erosive features (ephemeral channels).

Introdução

A natureza geológica e climática das ilhas vulcânicas, muitas delas com baixa pluviosidade anual e elevada pressão sobre os recursos hídricos, não favorece a ocorrência de elementos fluviais permanentes, já que a presença de drenagens superficiais perenes está associada a fatores climáticos, geológicos e geomorfológicos específicos. Ademais, a incidência de intensos processos erosivos e de movimentos de massa, impulsionados pela presença de altas declividades, combinadas à cobertura vegetal de porte baixo, representam outros obstáculos impostos em grande parte das ilhas vulcânicas (SANTAMARTA CEREZAL, 2013).

O território brasileiro é composto por um conjunto de cinco ilhas oceânicas: Arquipélago de Fernando de Noronha, Ilha da Trindade, Arquipélago de Martim Vaz, Atol das Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), o que abrange uma área de aproximadamente 3,6 milhões de km², conhecida como Amazônia Azul. Entre as ilhas oceânicas brasileiras, todas localizadas no Atlântico (sul e equatorial), Trindade é a única que apresenta cursos d'água e nascentes perenes. A presença de água nos canais de drenagem na maioria das ilhas vulcânicas está condicionada à ocorrência de eventos pluviométricos de maior relevância (MONTENEGRO et al., 2009). A mesma realidade pode ser observada

no Atlântico Norte, já que dentre os diversos arquipélagos, como Açores e Madeira (Portugal), Canárias (Espanha) e Cabo Verde, somente algumas ilhas dos Açores possuem águas superficiais lóticicas permanentes (SANTAMARTA CEREZAL, 2013; CYMBRON et al., 2006; GOMINHO, 2010; PRADA, 2000).

A presença de nascentes e cursos d'água perenes em Trindade assume destaque porque, tal como nas demais ilhas vulcânicas, estão presentes elementos desfavoráveis à ocorrência de drenagem superficial permanente. Destacam-se a idade relativamente jovem de cerca de 3,9 milhões de anos (PIRES et al., 2013) e a área emersa relativamente pequena (cerca de 10 km²), tendo em vista que terrenos mais antigos e maiores tendem a apresentar redes de drenagem mais complexas. A Ilha também experimentou mudanças ambientais drásticas de origem antrópica, com impactos na vegetação e nos ecossistemas terrestres (ALVES, 1998; CLEMENTE, 2006).

As especificidades da Ilha são responsáveis por imprimir um arranjo hidrogeomorfológico *sui generis* e, embora a presença de água doce tenha sido documentada desde a chegada dos primeiros visitantes, não há na literatura um estudo que aborde seus aspectos hidrográficos/fluviais com maior detalhamento. Considerando a hidrogeomorfologia como o campo do conhecimento “que busca compreender como os processos hidrológi-

cos contribuem para a formação e evolução da paisagem e como as formas de relevo condicionam ou controlam os processos hidrológicos em diferentes escalas temporais e espaciais” (GOERL *et al.*, 2012), a configuração hidrogeomorfológica de Trindade apresenta-se como única no território brasileiro.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e analisar o quadro hidrogeomorfológico da rede hidrográfica de Trindade, identificando os regimes de escoamento superficial. Neste sentido, pretende contribuir com a investigação do papel das águas superficiais na configuração geomorfológica da Ilha em termos de proces-

so prioritários de erosão e sedimentação, e principais formas e formações superficiais resultantes.

Área de estudo

Localização

A Ilha da Trindade (Figura 1) representa o extremo oriental do território brasileiro, juntamente com o Arquipélago de Martin Vaz. Localizada no Oceano Atlântico Sul, é a mais recente, heterogênea e topograficamente variada ilha oceânica brasileira (SCHAEFER & OLIVEIRA, 2015).

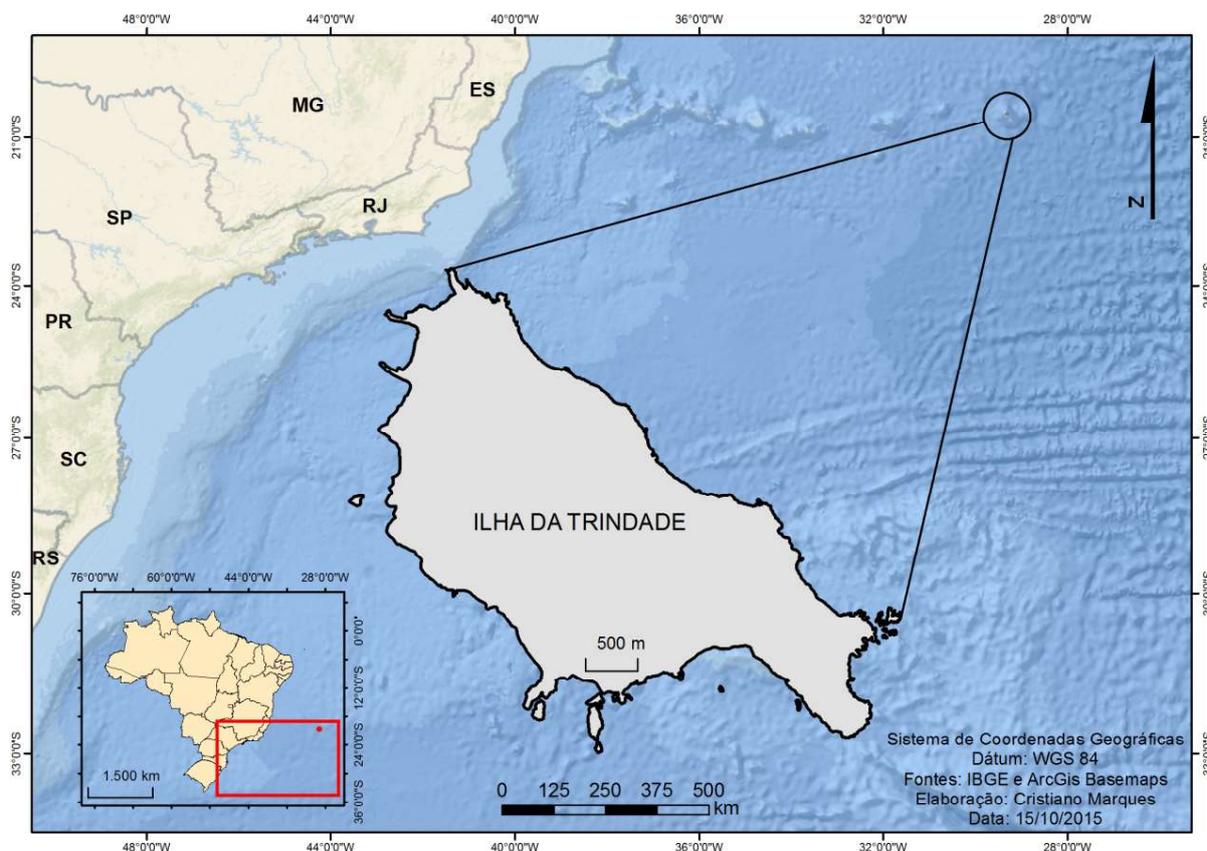


Figura 1 - Mapa de localização da Ilha da Trindade, Atlântico Sul.

Trindade situa-se entre os paralelos 20°29' e 20°32' S, e entre os meridianos 29°21' e 29°17' W, possuindo área de cerca 10 km². A Ilha está a cerca de 1.200 km da linha de costa brasileira, na Cadeia Vitória-Trindade. Foi descoberta em 1501, tendo passado por várias fases de ocupação e desocupação até 1957, quando foi permanentemente ocupada pela Marinha do Brasil.

Juntamente com Martin Vaz, Trindade representa o extremo leste da Cadeia Vitória Trindade (CVT),

que corresponde a uma sequência linear de montes submarinos, de direção geral leste-oeste, que se situa na região pelágica do estado do Espírito Santo, no Oceano Atlântico Sul (Figura 2). Localizada ao longo da latitude 20°30' S, a referida cadeia apresenta cerca de 950 km de comprimento, abrangendo 30 montes submarinos de forma cônica, considerados morfologicamente como edifícios vulcânicos de escudo – *shield volcano* - (MOTOKI *et al.*, 2012).

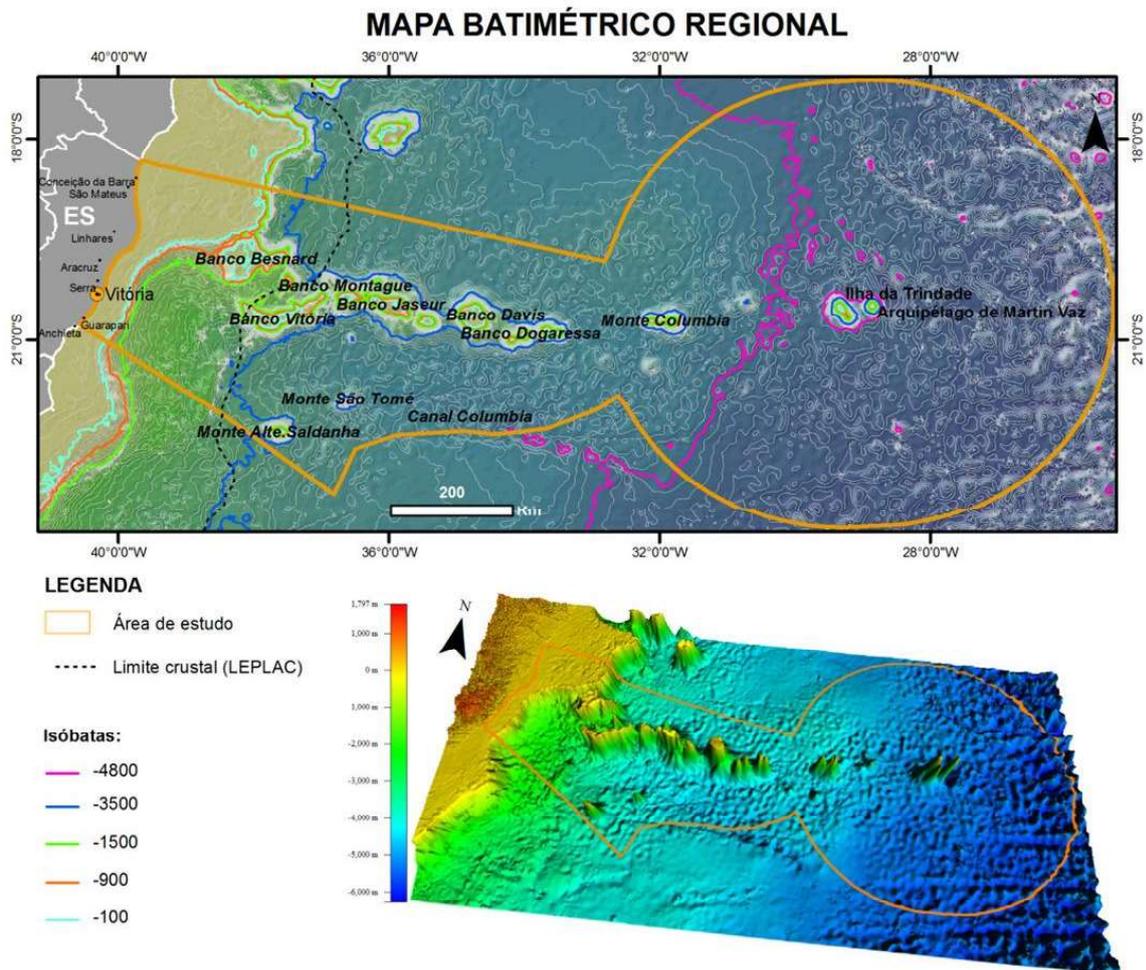


Figura 2 - Mapa batimétrico da Cadeia Vitória-Trindade, abrangendo desde a faixa litorânea continental até as ilhas da Trindade e Martin Vaz. Fonte: Maia (2013).

Geologia

Trindade corresponde à porção emersa de um edifício vulcânico alcalino Cenozóico com mais de 5500 m de altura construído acima do assoalho oceânico e formado por derrames e intrusões sódico-alcalinas marcadamente subsaturadas em sílica, e piroclastos diversos (Figura 3). Esta estrutura esteve ativa do Plioceno (3,9 Ma) ao Pleistoceno (0,25 Ma) (PIRES *et al.*, 2013), sendo assim um dos últimos episódios vulcânicos no Atlântico Sul e com a litologia vulcânica mais recente do Brasil.

Almeida (1961) reconheceu cinco episódios vulcânicos em Trindade (Figura 3). O mais antigo gerou o Complexo Trindade na parte basal da Ilha, e inclui depósitos piroclásticos e um grande conjunto de rochas subvulcânicas que aparecem expostas principalmente

na forma de domos, necks e diques fonolíticos, e subordinadamente como diques de rochas ultrabásicas. A idade mais antiga obtida por Cordani (1970) para rochas da Ilha foi de 3,6 Ma num dique de rocha ultrabásica em tufo da praia dos Cabritos, sendo que as grandes intrusões fonolíticas acusaram idades de 2,3 a 2,9 Ma. Posteriormente, Pires *et al.* (2013) atestaram o período entre 3,9 e 2,5 Ma como o de máxima expressão das atividades vulcânicas, formadores desta unidade.

Sobre essa parte basal se encontram facilmente individualizadas as demais unidades litológicas de Trindade, sendo a mais antiga a Sequência Desejado, formada por uma sucessão de derrames de fonólitos, grazinitos e nefelinitos datados entre 2,63 e 1,60 Ma por Cordani (1970) e 2,5 e 1,6 Ma por Pires *et al.* (2013). Os três episódios vulcânicos mais recentes são constituídos

exclusivamente por rochas ultrabásicas: a Formação Morro Vermelho, não mais antiga que 1,6 Ma, Valado (mais recente que a Formação Morro Vermelho) e Vul-

ção do Paredão, evento vulcânico mais recente, que se estima ter ocorrido durante o Holoceno, com idade de 0,25 Ma (PIRES *et al.*, 2013).

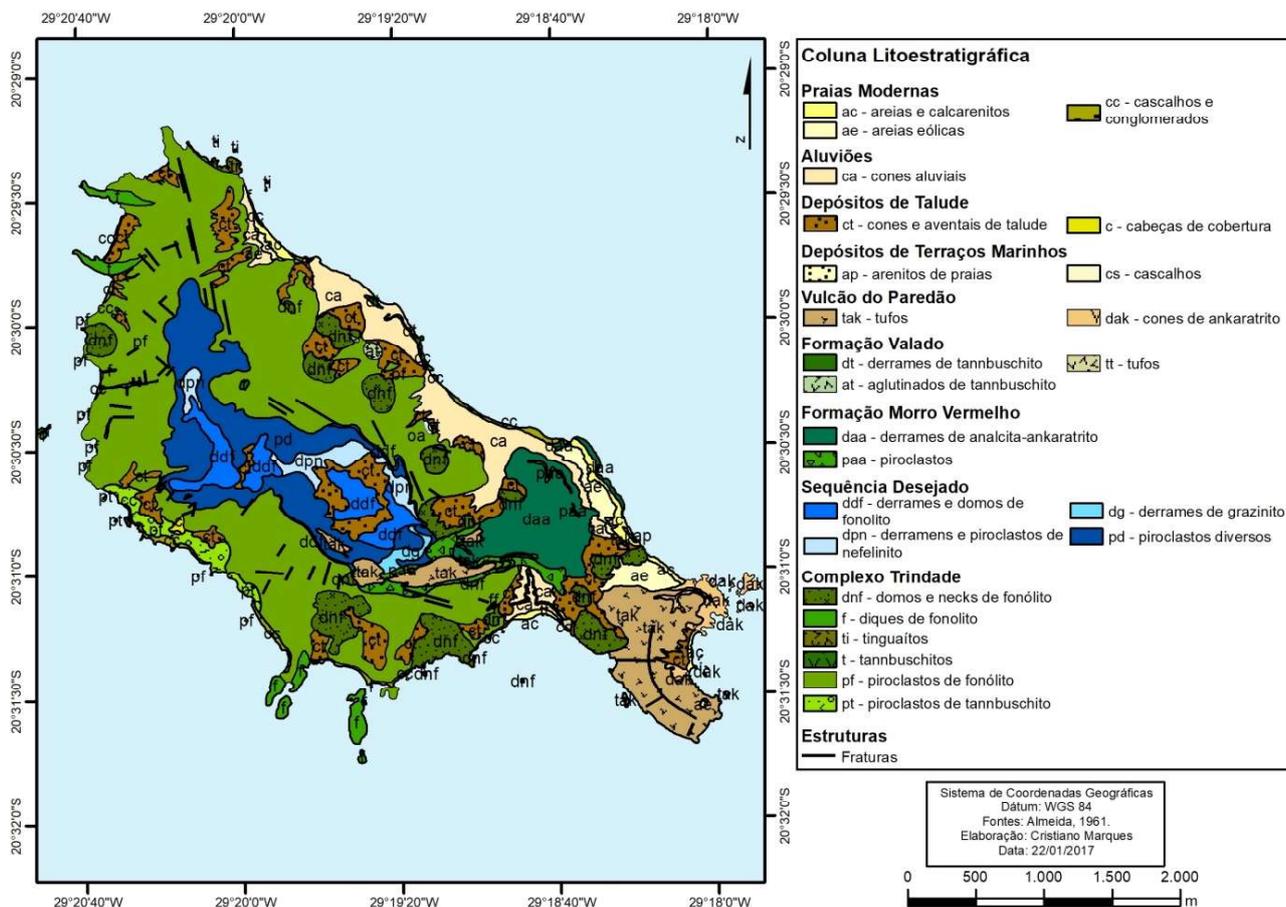


Figura 3 - Mapa geológico da Ilha da Trindade. Modificado de Almeida (1961).

Adicionalmente, com base na proposta inicial elaborada por Almeida (1961), Patrício (2012) indica a presença de unidades quaternárias sedimentares, de ocorrência bem mais restrita, representadas por depósitos de terraços marinhos (arenitos de praias e cascalhos), depósitos de talude (cones, aventais de talude e cabeças de coberturas), aluviões (cones aluviais) e Praias Modernas (areias, calcarenitos, areias eólicas, cascalhos e conglomerados).

Geomorfologia

A estrutura do edifício vulcânico de Trindade caracteriza-se por sua heterogeneidade (ALMEIDA, 1961). De um lado se apresentam rochas vulcânicas que, graças às condições de exposição, oferecem sig-

nificativa resistência às ações intempéricas, embora mecanicamente se desfaçam em blocos, devido à existência de juntas de contração. De outro, grandes massas de materiais piroclásticos altamente susceptíveis aos processos intempéricos e à erosão. Portanto, a configuração geomorfológica da Ilha é o resultado da atuação de processos degradacionais que atuam sobre um maciço rochoso heterogêneo com diferentes resistências (ALMEIDA, 2002).

Depois de cessado o período de vulcanismo ativo, Trindade vem passando por um ciclo de acentuado intemperismo e erosão no maciço vulcânico original, ciclo esse que pode ser considerado curto, tendo em vista a idade recente das últimas formações geológicas. Segundo Angulo *et al.* (2018), Trindade representa apenas os 17% restantes do edifício vulcânico original.

Nesse cenário, é possível indicar que a morfogênese é preponderante em relação à pedogênese, quadro esse que foi intensificado diante das alterações ambientais provocadas pela ação humana (CLEMENTE, 2006).

Uma das características mais marcantes da Ilha é a linha de cumeada, de sentido NW-SE, localizada na parte central do território, que o divide em duas faces opostas, comumente denominadas como “face oriental” e “face ocidental”. A primeira se mostra claramente mais íngreme (Figura 4), fato atribuído aos diferentes

potenciais erosivos das ondas que erodem a Ilha ao longo de sua história geológica (ANGULO *et al.*, 2018).

Portanto, o relevo se mostra extremamente acidentado, onde as principais feições geomorfológicas correspondem a vales estreitos e profundos, encostas íngremes, vertentes escarpadas, picos proeminentes e praias estreitas, com pontos culminantes alcançando 620 m de altitude. Platôs e terraços estáveis ocorrem em pequenas porções, concentrando os solos mais desenvolvidos e profundos (CLEMENTE, 2006).

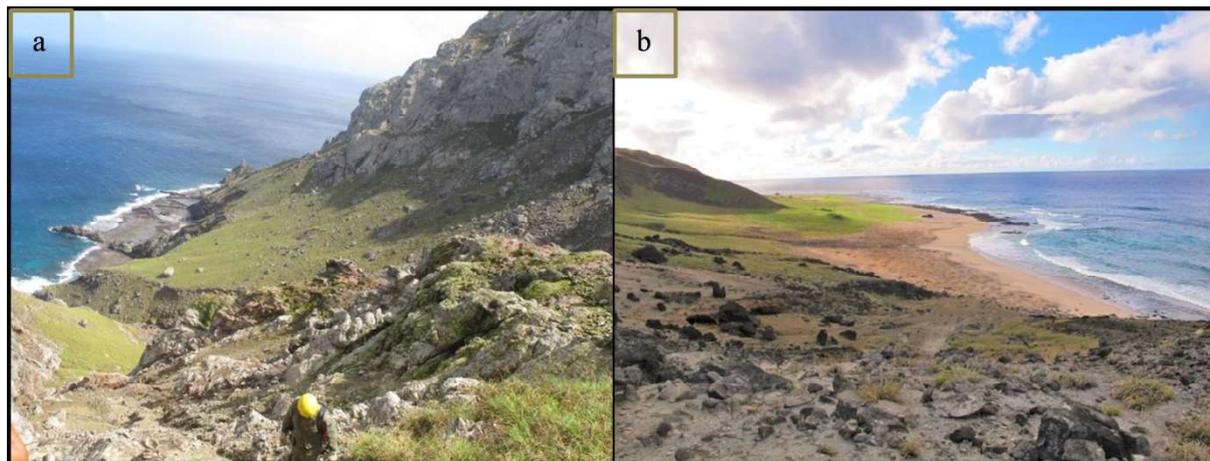


Figura 4 - Aspecto mais declivoso da face úmida ocidental (a) em comparação com as encostas mais suaves da face seca oriental (b).

Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi baseada em procedimentos de campo e geoprocessamento. Foram realizadas duas campanhas de campo na Ilha: entre os dias 17 de junho e 14 de agosto de 2015 e entre os dias 18 e 27 de maio de 2016¹. Buscou-se percorrer todos os trechos terrestres acessíveis, com o intuito de fazer o reconhecimento da área, e visitar pontos de checagem previamente estabelecidos. Almejou-se detectar as principais características dos sistemas fluviais de Trindade, buscando identificar os padrões de escoamento e de sedimentação/erosão, além de calcular a vazão dos principais elementos identificados. Também foi possível percorrer todo o entorno por via marítima com o apoio de embarcação (bote) da Marinha, sendo todo o percurso registrado por fotos e vídeos.

Os cursos d'água foram percorridos de jusante para montante, conforme procedimentos de Felipe (2009). Com a utilização de um receptor GPS portátil

modelo Garmim GPSmap 60CSx foi possível georreferenciar os cursos d'água e nascentes, através da marcação de pontos (Dátum WGS 1984 – Sistema de Coordenadas UTM, fuso 26K). Para reduzir o erro da marcação, foi adotado como critério a retirada de uma média de no mínimo 20 pontos para o mesmo local, calculada automaticamente no aparelho. Dessa forma, o raio de imprecisão do dispositivo sempre se manteve abaixo de dez metros, o que foi considerado satisfatório para os propósitos do trabalho.

A medição de vazões, tanto de nascentes quanto de cursos d'água, baseou-se na coleta da água do fluxo em bolsas plásticas de diferentes tamanhos (que eram selecionadas conforme cada caso), acompanhada da medição do tempo em cronômetro digital. A água coletada era, então, transportada para um medidor graduado, sendo realizada a leitura do volume. Para minimizar os possíveis erros de coleta, foram feitas no mínimo três medições em cada ponto amostrado.

¹ A primeira etapa de campo, que permitiu a coleta dos principais dados, foi realizada em meses considerados secos na Ilha da Trindade, com pluviosidades médias em torno de 100mm. Os meses mais úmidos são novembro (215mm) e outubro (186mm), sendo janeiro e fevereiro os mais secos, com pluviosidades médias em torno de 65mm (PEDROSO *et al.*, 2017).

Para a realização da etapa de geoprocessamento foi utilizado o *software ArcGIS®* versão 10.1, sendo que a obtenção das bases de dados principais ocorreu através da disponibilização pela Marinha do Brasil (curvas de nível - topografia) e da obtenção em Almeida (1961) e Patrício (2012) (geologia). Já as bases referentes à rede hidrográfica e às bacias hidrográficas foram criadas através do referido *software*, de maneira automática, com ajuste manual, utilizando como base os dados topográficos e as campanhas de campo.

Visando caracterizar a rede de drenagem, conforme estudos morfométricos de Horton (1945), foram calculados para cada bacia hidrográfica a Densidade de Drenagem (Dd) e o Índice de Circularidade (Ic). Segundo Cherem (2008), a Dd estabelece a relação entre o comprimento total dos canais de drenagem (incluindo efêmeros, temporários e permanentes) e a área de drenagem, sendo dado pela Equação 1:

$$Dd = Lt/A \quad (1)$$

sendo Lt o comprimento total dos canais e A a área total da bacia.

Esse índice pode variar de valores inferiores a 0,5 km/km² a 3,5 km/km² ou mais, em bacias excepcionalmente bem drenadas. Considerou-se que valores superiores a 0,5 e menores ou iguais a 1,5 indicam bacias com drenagem regular; valores maiores ou iguais a 1,5 e menores que 2,5 apontam bacias bem drenadas; e por fim, valores maiores ou iguais a 2,5 e inferiores a 3,5 marcam bacias muito bem drenadas.

O Índice de Circularidade foi proposto por Miller em 1953 (CHRISTOFOLETTI, 1980) e indica a relação entre a área da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia. Tal índice é dado pela Equação 2:

$$Ic = A/Ac \quad (2)$$

sendo A a área da bacia e Ac a área de um círculo com perímetro idêntico ao da bacia.

Conforme Alves e Castro (2003), o valor máximo considerado para esse parâmetro é um. Esses autores também ressaltam que índices inferiores a 0,51 indicam a presença de bacias mais alongadas, formato que

favorece o escoamento rápido dos fluxos. Por outro lado, valores maiores ou iguais a 0,51 denotam bacias circulares, que não favorecem o escoamento dos fluxos, ou seja, que apresentam grande susceptibilidade à ocorrência de cheias rápidas. “Além dessa relação com a velocidade do fluxo de água, esse parâmetro representa a transmissividade do escoamento superficial concentrado, isto é, se o tempo de concentração da bacia é lento ou rápido” (CHEREM, 2008).

Resultados e discussão

O sistema fluvial

A proposta de divisão dos componentes fluviais elaborada por Charlton (2007) permite considerar três zonas ou subsistemas fluviais individuais, cada qual com predomínio de processos de sedimentação ou erosão, operando separadamente em um sistema integrado. A zona de produção de sedimentos (1) apresenta maiores gradientes altimétricos e representa as áreas de cabeceiras dos rios, onde predominam processos erosivos responsáveis por fornecer a maior parte dos sedimentos nas bacias. A carga sedimentar é movimentada ao longo da rede fluvial no contexto da denominada zona de transferência (2), na qual também predominam processos erosivos.

A partir desta segunda zona é comum observar a presença de planícies fluviais, uma vez que a ocorrência de um menor gradiente altimétrico possibilita o extravasamento dos cursos d'água, que inundam suas margens, permitindo a formação de depósitos sedimentares. Por fim, a terceira zona (3) corresponde às áreas próximas ao nível de base da bacia hidrográfica, onde a declividade já se apresenta bem mais suavizada, ou seja, onde há uma energia bem mais reduzida. Portanto, nesse estágio há uma capacidade de transporte de sedimentos bem inferior, ou seja, é um segmento que apresenta o predomínio de processos de deposição.

Strahler (1957), por sua vez, define a mencionada zona de produção de sedimentos como “bacia de cabeceira” (*headwater*), análoga aos canais de 1ª e 2ª ordens, e pode ser compreendida como um subsistema das bacias de ordens hierárquicas mais elevadas (FERREIRA, 2014). Dessa forma, encontra-se diretamente associada aos vales fluviais principais de [3ª ordem e superiores], onde se processa a distribuição, o transporte

e o armazenamento dos sedimentos advindos das bacias de cabeceira (SCHUMM, 1977; FERREIRA, 2014).

Utilizando uma escala de análise mais detalhada e com base em processos hidrológicos e geomorfológicos, Hack e Goodlett (1960) e Hack (1960) propuseram uma divisão do sistema de bacias de cabeceira em quatro zonas, a saber: (i) vertentes; (ii) bacias de ordem-zero; (iii) canais transicionais entre bacias de ordem-zero e canais de primeira-ordem (temporários ou efêmeros); e (iv) canais de primeira e segunda-ordem (FERREIRA, 2014).

Com base nas propostas apresentadas, é possível indicar que o sistema fluvial de Trindade apresenta características típicas das zonas de produção de sedimentos, ou bacias de cabeceira. Trata-se de uma área de elevada declividade, onde há a ocorrência de nascentes e canais de 1ª e 2ª ordens, esculpidos sobre substratos rochosos ou coluvionares (efêmeros e temporários no

primeiro caso, e temporários ou permanentes no segundo), onde preponderam os processos de erosão. Estes fornecem grande carga sedimentar predominantemente grossa às calhas fluviais.

Bacias hidrográficas

Na proposta de divisão hidrográfica de Trindade foram identificadas 33² bacias (Figura 5). Tal proposta elucidou a presença de áreas com características distintas quanto ao comportamento da drenagem superficial, tendo sido diferenciadas segundo os padrões de escoamento. A Tabela 1 apresenta a síntese da classificação das bacias hidrográficas nos padrões de escoamento identificados. Em valores relativos, 69% da área da Ilha corresponde aos padrões *i*, *ii* e *iii*, sendo os restantes 31% referentes a áreas de escoamento direto (padrão *iv*).

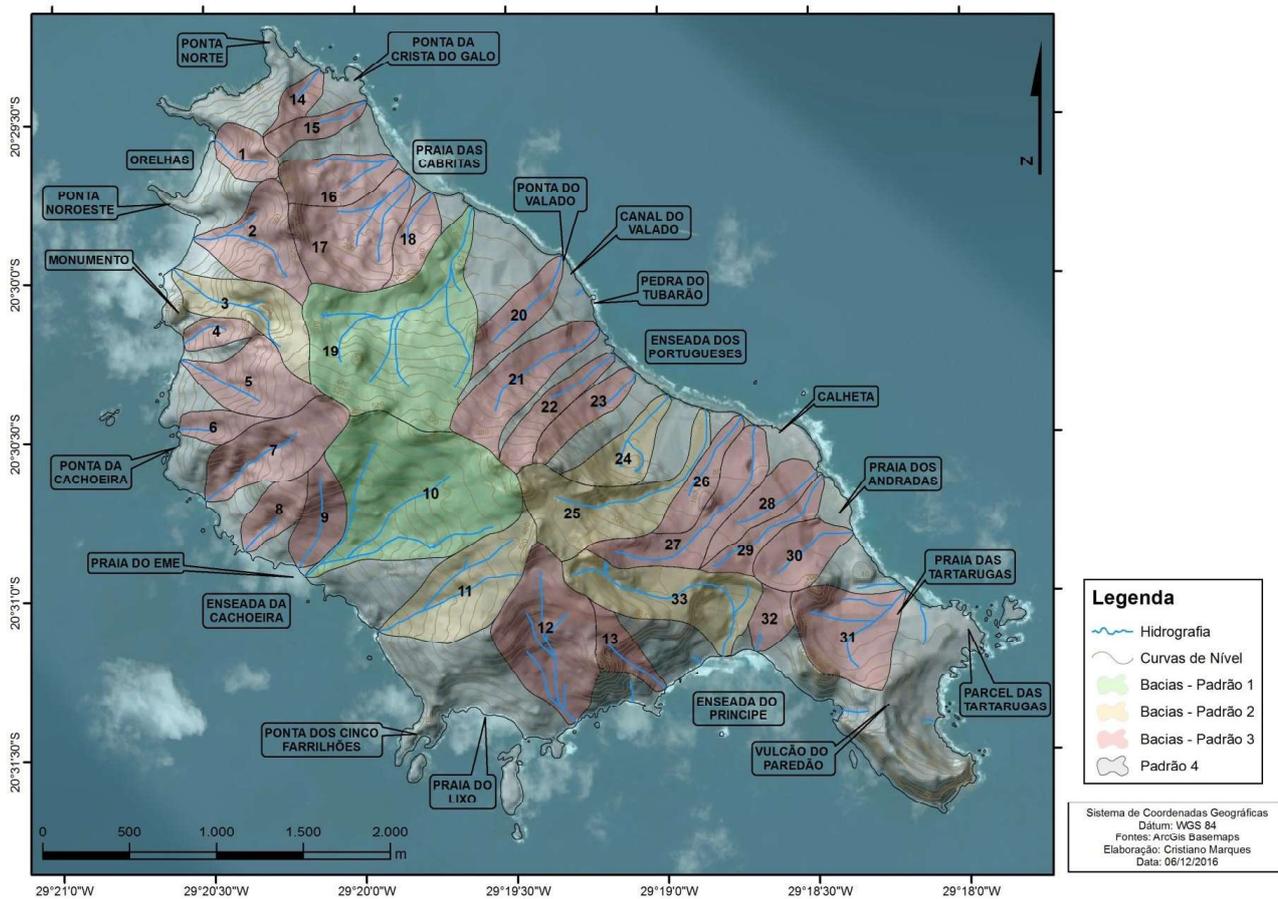


Figura 5 - Mapa da divisão hidrográfica da Ilha da Trindade, com as respectivas bacias e seus padrões de escoamento.

² Por se tratar de uma abordagem inédita, não existe uma toponímia consagrada para as bacias hidrográficas de Trindade. Assim, elas foram numeradas de 1 a 33.

O primeiro padrão (i) se refere à presença de extensas áreas de drenagem (cerca de 1 km²) com nascentes e canais fluviais com fluxos hídricos significativos, correspondendo, em conjunto, a 15% da superfície total da Ilha. Esta categoria abrange, portanto, as principais bacias hidrográficas de Trindade. Esse padrão engloba

as duas principais bacias (10 e 19), que correspondem às unidades que drenam até a Enseada da Cachoeira (Praia do EME) e as imediações da Praia dos Cabritos (entre essa praia e a Ponta do Valado), respectivamente (Figura 6). Essas bacias abrangem dois dos três cursos d'água mais caudalosos da Ilha, com vazões de 4 e 1,9 L/s.

Tabela 1: Síntese da classificação das bacias nos diferentes padrões de escoamento.

Bacias hidrográfica	Área (km ²)	% área total da ilha	Bacias hidrográfica	Área (km ²)	% área total da ilha
PADRÃO i			PADRÃO iii (continuação)		
10	0,74	7%	12	0,40	4%
19	0,78	8%	13	0,09	1%
TOTAL	1,52	15%	14	0,05	1%
PADRÃO ii			15	0,08	1%
3	0,22	2%	16	0,16	2%
11	0,33	3%	17	0,32	3%
24	0,14	1%	18	0,10	1%
25	0,34	3%	20	0,13	1%
33	0,35	3%	21	0,24	2%
TOTAL	1,37	14%	22	0,12	1%
PADRÃO iii			23	0,11	1%
1	0,09	1%	26	0,11	1%
2	0,23	2%	27	0,25	2%
4	0,06	1%	28	0,13	1%
5	0,21	2%	29	0,10	1%
6	0,07	1%	30	0,15	2%
7	0,26	3%	31	0,29	3%
8	0,10	1%	32	0,07	1%
9	0,13	1%	TOTAL	4,05	40%



Figura 6 - Exemplo de canal perene (bacia 10) na Ilha da Trindade.

O segundo padrão (*ii*) abrange áreas de dimensões inferiores ao padrão anterior, havendo, igualmente, a presença de nascentes e cursos d'água. Abrangem bacias com áreas entre 0,14 e 0,35 km², ou seja, entre 2 e 3% do território, cada uma. Esse padrão engloba um conjunto de cinco bacias hidrográficas onde estão inseridos os outros três cursos d'água que apresentaram fluxos significativos durante a etapa de campo e puderam ter as suas vazões mensuradas. São eles os canais principais das bacias 11, 24 e 25. O primeiro drena até as proximidades da Ponta dos Cinco Farrilhões, apresentando vazão de 0,58 L/s. O segundo é o curso d'água que abastece o POIT (Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade), com escoamento de 3,1 L/s, enquanto o terceiro apresentou vazão de 0,1 L/s, ambos com fluxos direcionados à Enseada dos Portugueses.

Em relação à perenidade dos fluxos hídricos nas áreas com padrão *i* e *ii*, é possível afirmar que as bacias 10, 19 e 24 apresentam canais com vazão ao longo de todo o ano e, portanto, podem ser consideradas permanentes. Além das observações de campo e dos registros na literatura, o relato dos militares da Marinha do Brasil, que percorrem a Ilha ao longo de todo o ano, indicam a presença desses fluxos. Outro fator que corrobora esta afirmação é o processo de captação de água para consumo do POIT, o qual é realizado através do aproveitamento dos fluxos superficiais da bacia 24, por meio de um pequeno

sistema instalado no próprio canal fluvial. A captação é realizada ao longo de todo o ano, com periodicidade geralmente diária, tendo sido historicamente suficiente para suprir as necessidades da Ilha.

O terceiro padrão (*iii*) apresenta áreas entre 0,05 e 0,4 km², mas não há a presença de nascentes, essas são drenadas exclusivamente por fluxos efêmeros, ou seja, fluxos gerados apenas por eventos pluviométricos. Diferentemente das três categorias anteriores, o padrão *iv* se refere a áreas de escoamento direto ao oceano, ou àquelas que não foram classificadas como bacias hidrográficas devido à incipiência de fluxos e à área reduzida.

Considerando os padrões *iii* e *iv*, as áreas drenadas por fluxos efêmeros são predominantes em Trindade. Há 26 unidades hidrográficas exclusivamente drenadas por fluxos de padrão *iii*, representando 40% da área da Ilha, que somadas aos 31% classificados como padrão *iv* totalizam 71% da superfície insular.

O cálculo da Densidade de Drenagem (Dd) (Tabela 2; Figura 7) apontou a presença de bacias bem drenadas, muito bem drenadas, e excepcionalmente bem drenadas, predominando estas últimas, com 24 unidades (73% das bacias). Isso ocorre devido à grande ocorrência de feições erosivas (canais efêmeros), que elevam o valor do comprimento total dos canais das bacias.

Tabela 2: Densidade de drenagem das bacias hidrográficas da Ilha da Trindade.

Bacias hidrográficas	Dd	Classificação da drenagem	Comprimento total dos canais (km)	Área km ²	Bacias hidrográficas	Dd	Classificação da drenagem	Comprimento total dos canais (km)	Área km ²
5	2,47	Boa	0,52	0,21	3	4,33	Excepcional	0,93	0,22
32	2,48	Boa	0,17	0,07	17	4,35	Excepcional	1,38	0,32
7	2,55	Muito boa	0,67	0,26	19	4,44	Excepcional	3,49	0,78
8	2,83	Muito boa	0,28	0,10	31	4,53	Excepcional	1,31	0,29
23	2,88	Muito boa	0,31	0,11	13	4,53	Excepcional	0,42	0,09
6	3,05	Muito boa	0,20	0,07	4	4,75	Excepcional	0,28	0,06
18	3,29	Muito boa	0,32	0,10	16	4,78	Excepcional	0,77	0,16
21	3,30	Muito boa	0,80	0,24	15	4,81	Excepcional	0,36	0,08
30	3,43	Muito boa	0,52	0,15	33	4,96	Excepcional	1,73	0,35
25	3,60	Excepcional	1,23	0,34	20	4,99	Excepcional	0,66	0,13
22	3,75	Excepcional	0,45	0,12	11	5,01	Excepcional	1,65	0,33
2	3,86	Excepcional	0,88	0,23	12	5,06	Excepcional	2,01	0,40
10	3,86	Excepcional	2,85	0,74	26	5,16	Excepcional	0,57	0,11
1	3,90	Excepcional	0,35	0,09	27	5,27	Excepcional	1,30	0,25
14	4,16	Excepcional	0,22	0,05	24	6,03	Excepcional	0,83	0,14
28	4,26	Excepcional	0,56	0,13	29	8,66	Excepcional	0,88	0,10
9	4,30	Excepcional	0,57	0,13					

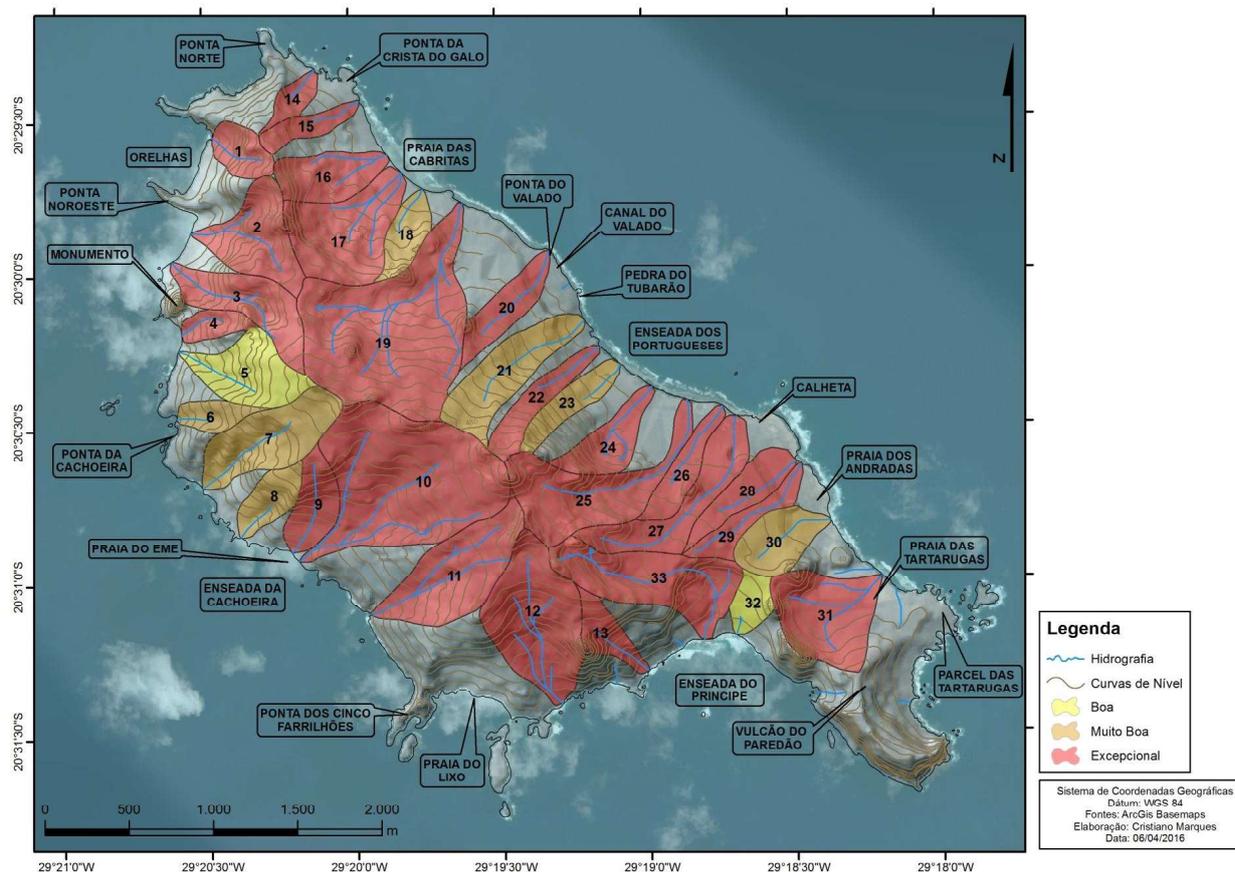


Figura 7 - Mapa da distribuição espacial da densidade de drenagem por bacia hidrográfica na Ilha da Trindade.

O cálculo do Índice de Circularidade (I_c) aponta a presença de 15 bacias com formas mais alongadas e 18 com tendência de formatos mais arredondados (Tabela 3, Figura 8). Quanto mais circular, maior será a tendência de concentração dos fluxos hídricos em direção a um trecho relativamente pequeno do canal principal, ou seja, maior é a tendência à ocorrência de enchentes e inundações. Portanto, as bacias com o formato retangular ou triangular (alongado) são menos susceptíveis a enchentes. Contudo, a análise da Densidade de Drenagem indicou que em Trindade há uma rede de drenagem eficiente no escoamento dos fluxos e que a topografia declivosa não favorece a concentração dos fluxos hídricos promotores de enchentes.

Relacionando a forma das bacias com os padrões de escoamento identificados, é possível indicar que as bacias com padrão *i* são circulares. No padrão *ii* foram identificadas bacias circulares e alongadas, sendo que a bacia 24, de natureza perene, apresenta formato circu-

lar, sugerindo que o mesmo predomina nas bacias com fluxos perenes. Quanto ao padrão *iii*, há praticamente uma distribuição igualitária entre as duas formas, já que dos 26 casos há 14 bacias circulares e 12 alongadas.

Canais e vales fluviais

Os canais fluviais apresentam de maneira comum a presença de sumidouros e ressurgências³: seja após a exfiltração nas nascentes, ou em áreas onde há significativos fluxos superficiais. É comum observar a passagem do escoamento superficial para o subterrâneo. Depois disso, esses fluxos seguem basicamente dois caminhos: eles podem ser retomados à dinâmica hídrica superficial - na forma de sequências de ressurgências e sumidouros, ou drenando de maneira contínua - ou podem permanecer no meio subterrâneo, de maneira a escoar subsuperficialmente até atingir o mar.

³ Os termos “sumidouro” e “ressurgência”, não foram adotados neste estudo da mesma maneira que são tradicionalmente empregados no campo da geomorfologia cárstica. Foram empregados para explicar um comportamento hidrogeomorfológico típico observado nos cursos d’água da Ilha.

Tabela 3: Índice de circularidade das bacias hidrográficas da Ilha da Trindade.

Bacias hidrográficas	Ic	Classificação	Bacias hidrográficas	Ic	Classificação
1	0,83	Circular	18	0,58	Circular
2	0,58	Circular	19	0,58	Circular
3	0,46	Alongada	20	0,45	Alongada
4	0,59	Circular	21	0,47	Alongada
5	0,60	Circular	22	0,36	Alongada
6	0,47	Alongada	23	0,45	Alongada
7	0,63	Circular	24	0,51	Circular
8	0,66	Circular	25	0,35	Alongada
9	0,63	Circular	26	0,39	Alongada
10	0,64	Circular	27	0,32	Alongada
11	0,54	Circular	28	0,42	Alongada
12	0,71	Circular	29	0,29	Alongada
13	0,45	Alongada	30	0,80	Circular
14	0,49	Alongada	31	0,76	Circular
15	0,44	Alongada	32	0,72	Circular
16	0,69	Circular	33	0,50	Circular
17	0,68	Circular			

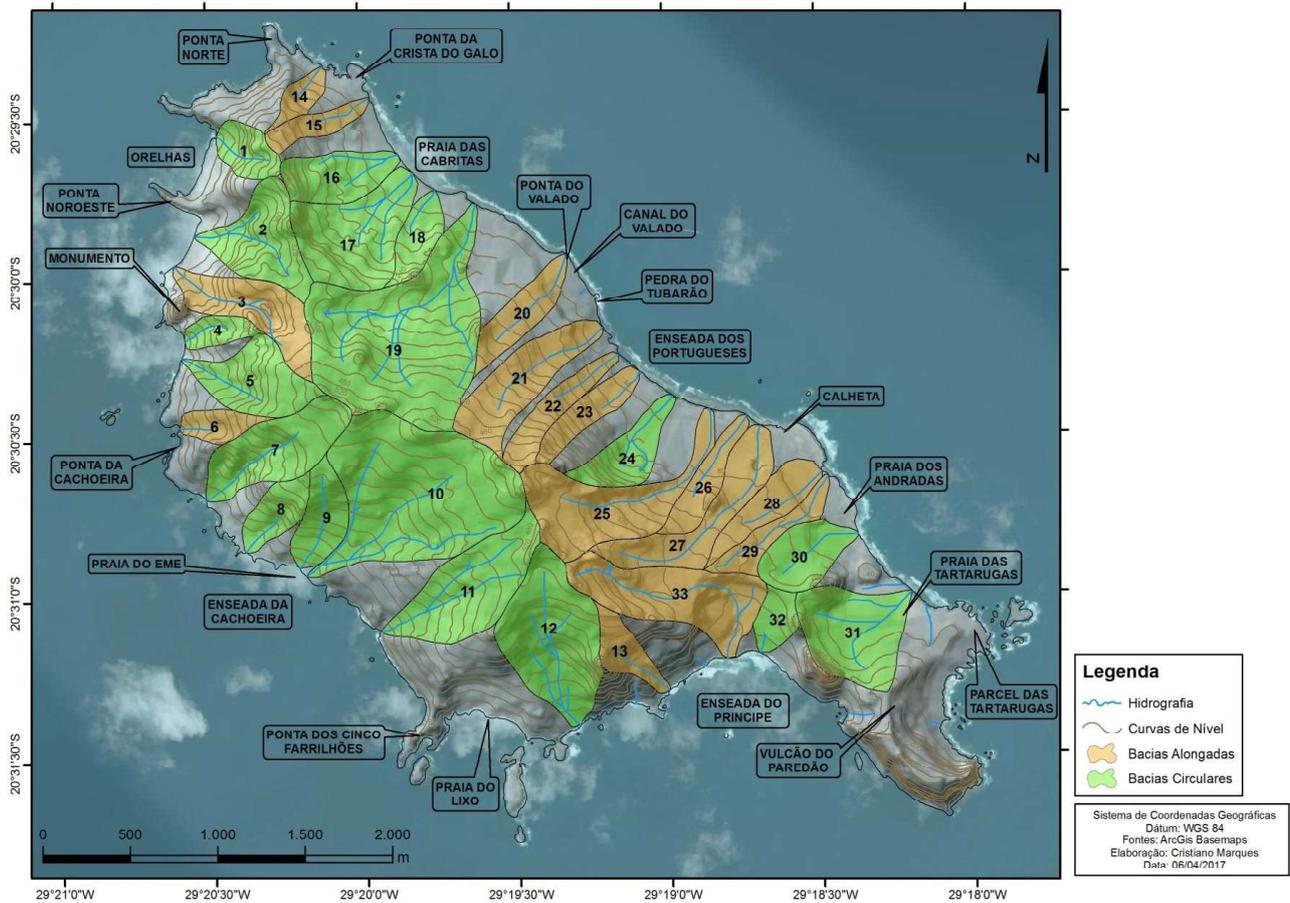


Figura 8 - Mapa da distribuição espacial da circularidade por bacia hidrográfica na Ilha da Trindade.

Analisando situações semelhantes, Faria (1997) enquadrou a presença de fluxos descontínuos nas calhas fluviais, em que a água exfiltrada nas nascentes volta a infiltrar nos sedimentos do canal fluvial aflorando, novamente, a jusante, como pseudonascentes. Portanto, sob essa ótica, no caso de Trindade, é possível indicar que há a presença dessas, o que significou um dos principais desafios impostos à identificação das nascentes em campo.

A rede hidrográfica de Trindade pode ser considerada perene, por apresentar fluxos ao longo de todo ano. Entretanto, a ocorrência de pseudonascentes imprime um caráter intermitente, fazendo com que a presença de nascentes exfiltrando em determinada calha fluvial não signifique a existência de um curso d'água contínuo, que drene superficialmente desde a exfiltração nas nascentes até o mar. Em síntese, a rede hidrográfica é temporalmente permanente, mas descontínua no espaço.

Almeida (1961) já havia identificado esse fenô-

meno em uma área específica de Trindade: “O córrego que drena o grande Vale Verde [bacia 19] só apresentava reduzida quantidade de água na parte média de seu curso, água que se perdia por infiltração nos detritos do cone aluvial para ressurgir em diversas fontes, na escarpa marítima que o trunca”. Contudo, esse fenômeno apresenta uma abrangência maior que aquela observada por esse autor, podendo ser verificado, de maneira geral, por toda a Ilha.

Outro fator de destaque é que dois dos maiores canais, o do córrego Vermelho (bacia 33 – Figura 9a e 9b) e do Valado (entre a Pedra do Tubarão e a Ponta do Valado – Figura 10a e 10b), não apresentaram fluxos significativos, o que também vai ao encontro do observado por Almeida (1961). Na realidade, o vale do Córrego Vermelho, que recebe os fluxos de seis nascentes com vazões insignificantes, não apresentava água corrente (apenas poças). Por sua vez, o vale do Valado não é drenado por nenhuma nascente e estava inteiramente seco.



Figura 9 - a) Dimensão do vale do córrego Vermelho e b) Vista do fundo do vale, seco. As setas indicam a presença de pessoas (ou sombra destas) como aferição de escala.

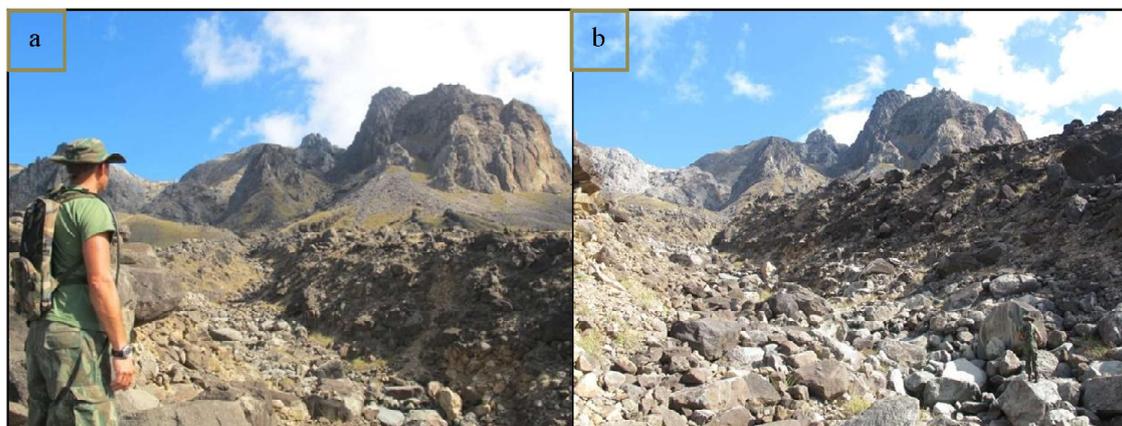


Figura 10 (a e b) - Canal do córrego do Valado seco e entulhado por sedimentos de alto calibre (cascalhos, calhaos e matacões).

A erosão pluvial exerce um papel relevante na abertura dos vales em Trindade, pois mesmo em áreas onde as drenagens perenes estão quase ausentes, há uma série de focos erosivos marcando a dissecação do relevo. Conforme destacou Almeida (1961):

A julgar-se pelos efeitos observados nesses vales [...] conclui-se ser a erosão fluvial muito importante em todos eles, por ocasião das chuvas. O córrego Vermelho, assim como outras torrentes do planalto ankaratrítico, tem rocha exposta em todo seu leito, atestando intenso processo de corrasão. Do mesmo modo, no Valado e no Vale Verde os leitos acham-se em grande parte encravados na rocha fresca ou nos grosseiros materiais que constituem os cones aluviais (ALMEIDA, 1961, p. 50).

A intensa ação desses processos provoca o rápido recuo das escarpas, mantendo o caráter jovem da rede de drenagem, o que explica a baixa ocorrência de deposição fluvial em Trindade. Os registros fluviais são facilmente destruídos, ou não formados, diante dessa dinâmica. A rede fluvial tem capacidade de carrear para o oceano a maioria dos sedimentos que atinge as calhas, restando principalmente blocos e matacões que são levados aos fundos dos vales por movimentos gravitacionais como

quedas de blocos (ALMEIDA, 1961). Em alguns canais observa-se a presença de areia resultante do desgaste desses materiais, dispostos como pequenos depósitos de calha (Figura 11a e 11b).

Para Almeida (1961), numa pequena ilha oceânica como Trindade, sobretudo com a área central mais elevada suportada por estruturas resistentes, a competição fluvial leva cada vale a traçar seu caminho para o oceano da maneira mais curta possível, o que gera uma configuração de padrão radial, ou em “espinha de peixe”. Em tal modelo de evolução, os vales mais extensos ficam expostos à captura por parte dos mais curtos, uma vez que esses tendem a apresentar processos erosivos mais vigorosos em decorrência da maior declividade e energia. Essa é a característica fundamental da configuração hidrográfica de Trindade, apesar do importante controle estrutural exercido por um maciço altamente fragmentado:

os córregos e principais torrentes descem diretamente ao mar, alcançando-o pelo caminho mais curto, a partir de um “espigão mestre” que do planalto ankaratrítico se estende à Crista de Galo, através do planalto axial. O morro do Paredão, um relevo postico na ilha, tardiamente surgido, ainda não tem drenagem integrada em tal sistema (ALMEIDA, 1961, p. 55).



Figura 11 (a e b) - Deposição de areia no canal principal da bacia 19.

Para que o atual padrão de drenagem tenha sido configurado, é provável que tenham ocorrido muitas modificações no traçado da rede hidrográfica da Ilha, pouco preservada pela intensidade das mudanças promovidas pela erosão. Contudo, ainda é possível observar algumas evidências de uma das últimas alterações: trata-se da captura do córrego Vermelho, que drenava em direção à Praia dos Andradas, pela drenagem que verte à enseada do Príncipe. Almeida (1961) indica que esse processo ocorreu devido à presença de um

divisor pretérito modelado em piroclastos de fonólito (Complexo Trindade), ou seja, material pouco resistente ao intemperismo, que possibilitou o rápido desenvolvimento da drenagem tributária da enseada do Príncipe. Assim, com o recuo da ravina sobre a qual fluem seus fluxos atuais, houve o entalhe do divisor e a consequente captura do córrego no meio de seu curso (Figura 12). Como resultado, tem-se um “cotovelo de captura” que implica em uma mudança abrupta na direção do canal, de cerca de 90°, em direção à praia do Príncipe.

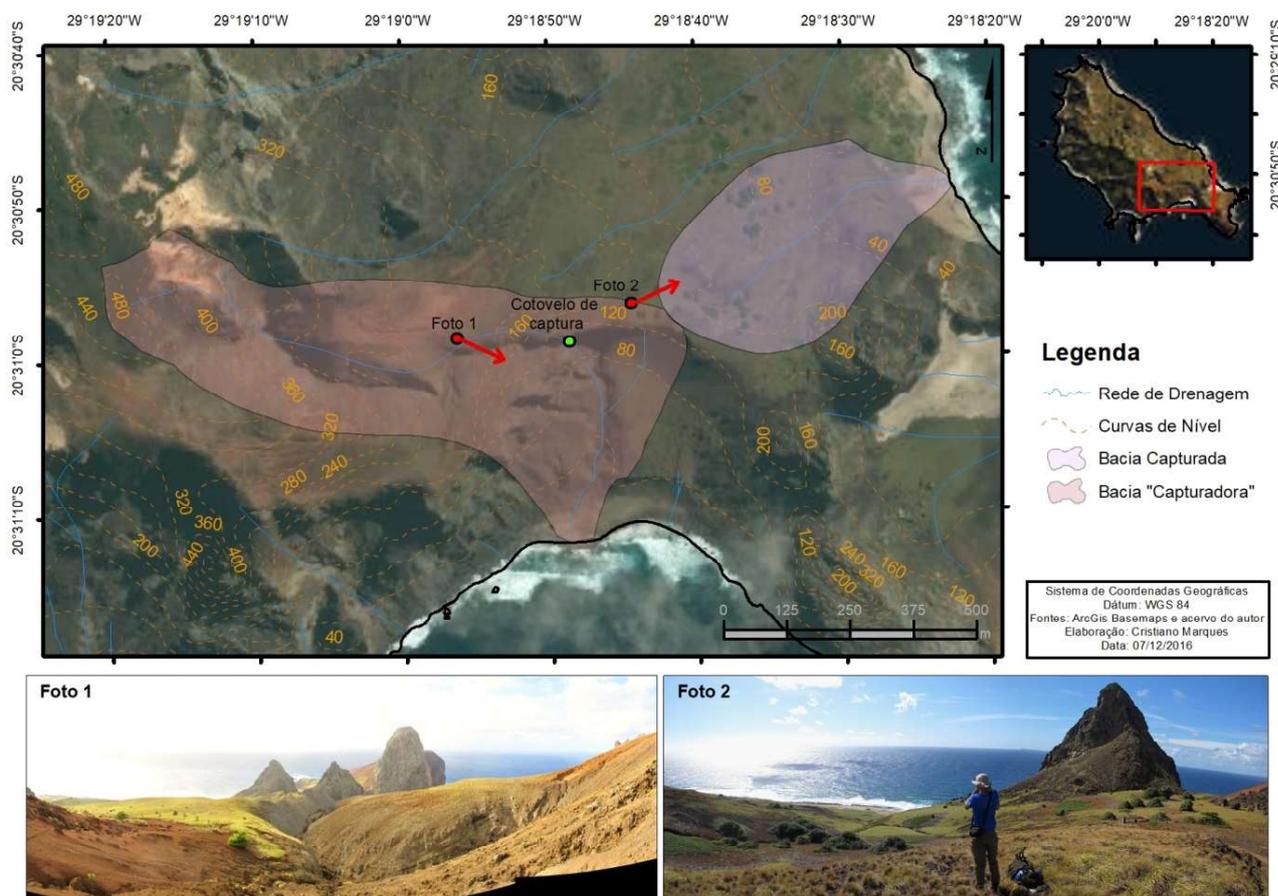


Figura 12 - Contexto da captura fluvial.

Nascentes

Foram identificadas 32⁴ nascentes distribuídas conforme mostra a Figura 13. A distribuição foi semelhante nas duas faces, com 16 nascentes drenando cada uma, não havendo predomínio na face mais úmida.

Em relação à vazão das nascentes (Tabela 4), oito

apresentaram fluxos incipientes no período em que o trabalho de campo foi realizado (T23, T24, T26, T27, T29, T30, T31 e T32), e não puderam ter sua vazão calculada. Duas outras nascentes não puderam ter suas áreas de exfiltração acessadas (T07 e T19) e, portanto, não foram totalmente caracterizadas, não havendo também o cálculo da vazão para T19.

⁴ Assim como no caso das bacias hidrográficas, as nascentes foram numeradas de T01 a T33, sendo que a T28 foi desconsiderada, *a posteriori*, por não se tratar de uma nascente.

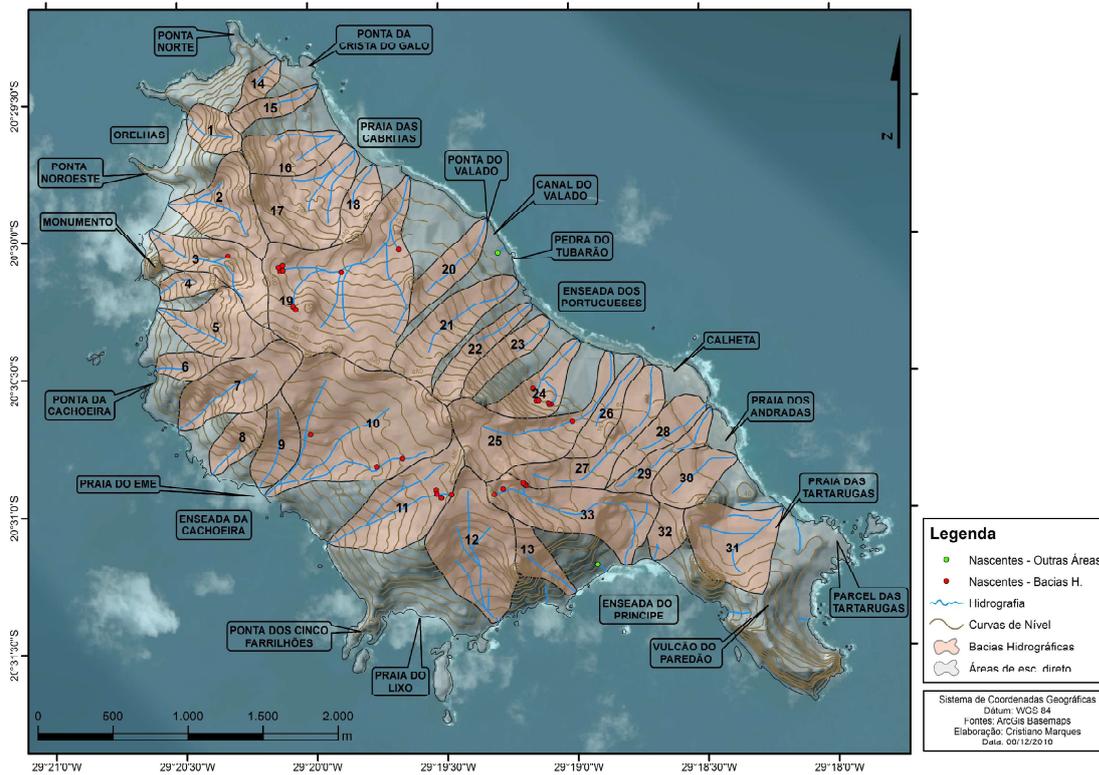


Figura 13 - Mapa da distribuição espacial das nascentes na Ilha da Trindade.

Segundo o sistema de classificação de nascentes proposto por Meinzer (1927), baseado no critério da vazão, as nascentes de Trindade apresentam 6ª (6 nascentes), 7ª (10 nascentes) e 8ª magnitudes (16 nascentes)

(Tabela 5). Ainda que a maior vazão verificada esteja localizada na face ocidental, a face oriental se destaca por apresentar os outros cinco casos de maior magnitude observados.

Tabela 4⁵: Vazão das nascentes.

Nascente	Vazão (mL/s)	Nascente	Vazão (mL/s)
T01	10,94	T13	36,5
T02*	80,92	T14	2,76
T03*	80,92	T15	27,01
T04*	80,92	T16	1,3
T05	5,99	T17	52,28
T06	57,38	T18	443,34
T07	109,77	T20	20,37
T08	35,31	T21	22,91
T09	350,21	T22	1,47
T10	2,27	T25	56,17
T11	4,9	T33	3,9
T12	38,08		

⁵ As vazões das nascentes T02, T03 e T04 não foram mensuráveis individualmente. A medição foi realizada na união de seus fluxos e o valor foi dividido por três para se estimar as vazões individuais.

Tabela 5⁶: Morfologia, grau de magnitude e tipo de exfiltração das nascentes da Ilha da Trindade.

Magnitude	Morfologia				Tipo de Exfiltração	
	Concavidade	Duto	Afloramento	Talvegue	Pontual	Múltipla
6 ^a	T02, T04	-	T18	T03, T09	T09	T02, T03, T04, T18
7 ^a	-	T12	T06, T17, T20, T21	T01, T08, T13, T15, T25	T01, T08, T12, T13, T15, T20, T21, T25	T06, T17
8 ^a	-	T29*, T30*, T31*, T32*	T14, T23*, T24*, T27*	T05, T10, T11, T22, T26*	T22, T26*, T29*, T30*, T31*, T32*	T05, T11, T14, T23*, T24*, T27*, T33

Os valores das vazões das nascentes em Trindade variaram de incipiente (imensurável), a 0,443 L/s. A vazão média, considerando todas as 32 nascentes, é de 0,048 L/s. Quando consideradas apenas as nascentes com fluxos mensuráveis (23 casos), a média é 0,066 L/s. Portanto, comparando a realidade de Trindade com estudos realizados no continente (FARIA, 1997; ANDRADE PINTO *et al.* 2004; PANE & PEREIRA, 2005; JUNQUEIRA JÚNIOR, 2006; FELIPPE, 2009; 2013), as nascentes da Ilha apresentam vazões pouco expressivas. Contudo, vale ressaltar que as duas nascentes mais caudalosas (T18 e T09) apresentam vazões muito acima da vazão média de algumas das áreas continentais brasileiras, o que reforça o argumento de que, analisando Trindade sob o contexto das ilhas oceânicas brasileiras, a Ilha emerge como uma situação de destaque. Soma-se a isso a presença de outras 16 nascentes com vazões superiores a 8 mL/s, e Magnitudes 6^a e 7^a.

Além do uso do parâmetro hidrológico, Felipe (2009) propõe um conjunto de outros atributos para caracterizar a diversidade de elementos que constituem as nascentes (Tabela 5, Figura 14).

Neste contexto, Trindade apresenta, do ponto de vista morfológico, nascentes em talvegue (13 casos), em afloramento (10 casos), em duto (5 casos) e em concavidade (2 casos). O predomínio de nascentes em talvegue (43% do total) reflete de maneira coerente o relevo declivoso e erodido da Ilha, em nítido processo destrutivo. Conforme destaca Almeida (1961), a Ilha deixa a impressão de que “[...] vem aluindo e se oculutando sob os produtos de sua própria ruína. Realmente,

seja na costa ou nas escarpas e planaltos do interior, por toda parte, tudo são ruínas” (ALMEIDA, 1961). Da mesma maneira, a alta ocorrência de nascentes em afloramento, que representam 33% dos casos totais, também se mostra bastante pertinente, uma vez que a ocorrência de afloramentos rochosos em Trindade é muito frequente.

Trindade apresenta condições favoráveis à ocorrência de nascentes com morfologia em duto e em olho, ou seja, terrenos altamente declivosos com coberturas pedológicas pouco espessas associados à presença de uma superfície de impermeabilização, como a rocha sã, por exemplo (FELIPPE, 2009). Entretanto, os fluxos subterrâneos, de maneira geral, não apresentam energia suficiente para gerar esses tipos de nascentes. Isso pode justificar a baixa ocorrência de nascentes em duto e a ausência de nascentes em olho.

Em relação à exfiltração (Tabela 5, Figura 14), foram observadas nascentes pontuais (17) e múltiplas (13), sem nenhuma ocorrência de nascentes difusas. Embora haja indícios de que os aquíferos de Trindade apresentam baixa energia, o fato de não ter havido grandes disparidades em relação aos tipos de exfiltração das nascentes (57% e 43%, respectivamente) indica a ocorrência tanto de ambientes de alta (nascentes pontuais), quanto de baixa energias (nascentes múltiplas). Nas nascentes pontuais os fluxos subterrâneos concentrados são conduzidos para uma única saída, enquanto as nascentes múltiplas e difusas ocorrem em condições de mais baixa energia, devido à dispersão desses (FELIPPE, 2009).

⁶Nascentes com fluxos incipientes e não mensurados.

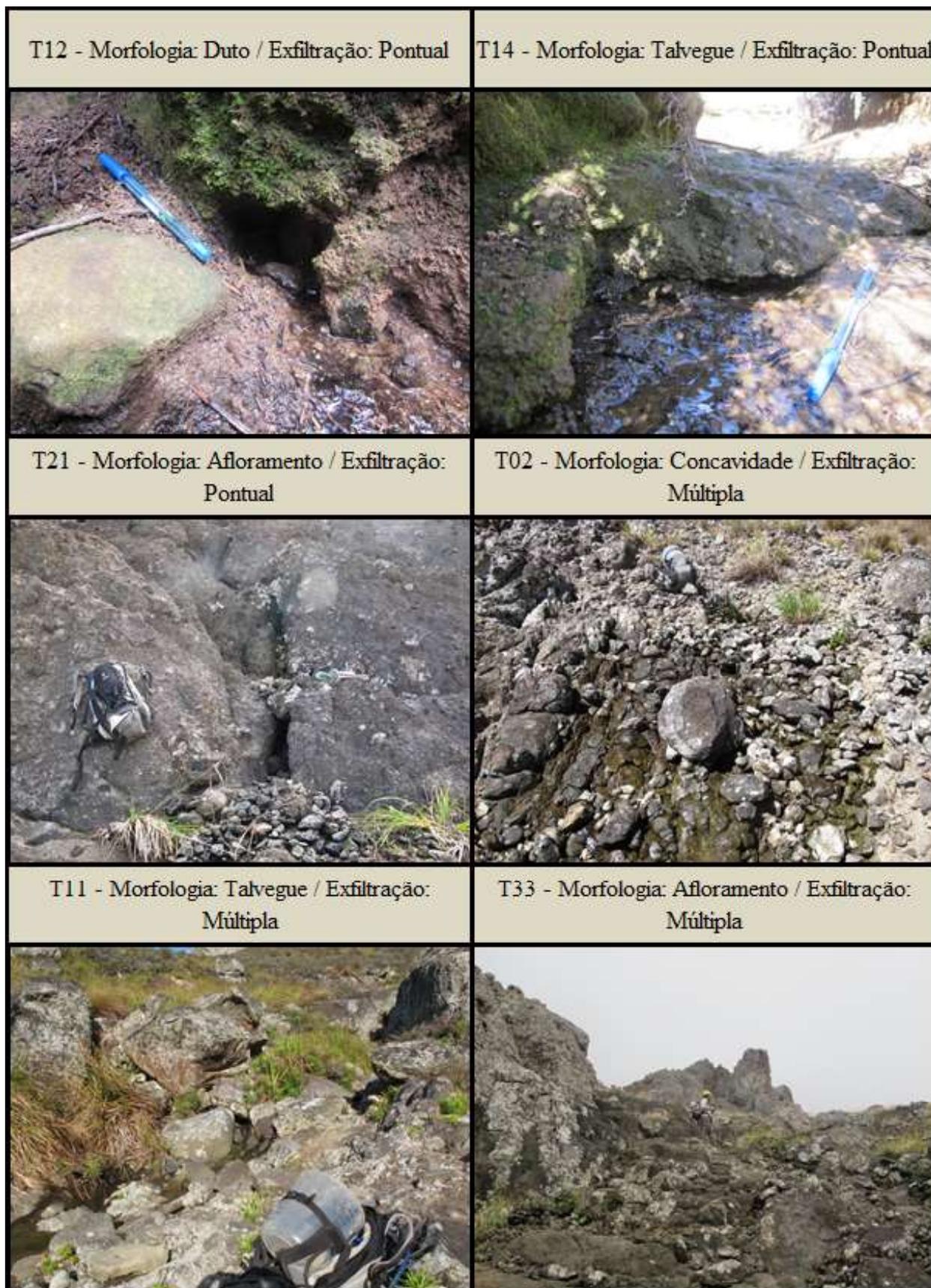


Figura 14 - Síntese da morfologia e do tipo de exfiltração das nascentes.

Em relação às formações geológicas das nascentes (Tabela 6), não foram observadas ocorrências sobre rochas do Vulcão do Paredão ou da Formação Valado, ou seja, as unidades mais recentes da Ilha. Além da idade, a menor expressão espacial dessas formações pode ser um indicativo da ausência. A elevada ocorrência de nascentes no Complexo Trindade se mostra bastante coerente, pois além de ser espacialmente predominante, trata-se da formação com maior incidência de falhas e fraturas. Tal unidade estabelece grandes áreas de contato

com a Sequência Desejado, que, por sua vez, sustenta as áreas preferenciais de infiltração de água na Ilha - o Platô Axial, que consiste nas áreas mais elevadas de Trindade. Tendo em vista que 81% das nascentes (26 casos) estão nas rochas do Complexo Trindade e da Sequência Desejado, é possível indicar que a trajetória preferencial das águas passa pela captação nos elevados platôs com solos associados às rochas da Sequência Desejado até a exfiltração nas vertentes com afloramentos rochosos associados ao Complexo Trindade.

Tabela 6: Formações geológicas associadas às nascentes da Ilha da Trindade.

Unidades Geológicas	Nascentes	Número de Nascentes
Materiais recentes (depósitos de talude e aluviões)	T01, T08 e T09	3
Vulcão do Paredão	-	
Formação Morro Vermelho	-	
Formação Desejado	T30, T31 e T32	3
Formação Desejado	T12, T13, T14, T17, T19, T22, T23, T24, T25, T26, T27 e T29	12
Complexo Trindade	T02, T03, T04, T05, T06, T07, T10, T11, T15, T16, T18, T20, T21 e T33	14

Relacionando a morfologia e o tipo de exfiltração das nascentes com as unidades geológicas (Tabela 6), percebe-se que as nascentes embasadas por materiais mais recentes (depósitos de talude e aluviões) apresentam exclusivamente morfologia em talvegue e exfiltração pontual. As próprias características desses materiais (mais friáveis e mais suscetíveis à erosão) podem explicar essa exclusividade. O fato de todas essas nascentes apresentarem exfiltração pontual indica aquíferos de mais alta energia. Assim, todas as nascentes na Formação Morro Vermelho possuem morfologia em duto e tipo de exfiltração pontual, indicando condições clássicas de formação de nível freático e exfiltração no contato entre dois materiais com permeabilidades distintas e alta energia dos fluxos subterrâneos. Em relação às nascentes na Sequência Desejado e no Complexo Trindade, a diversidade de tipos não elucidou a presença de padrões claros.

Considerações finais

Investigar a distribuição espaço-temporal dos fluxos hídricos pluviais e fluviais contribui para o entendimento de sua atuação geomorfológica. Este desafio envolve o estudo do seu papel na configuração das paisagens, assim como o condicionamento dos tipos de modelado na dinâmica hídrica. Esta pesquisa possui tal perspectiva hidrogeomorfológica, focalizando a configuração hidrográfica de Trindade. Embora seja a única ilha oceânica do país que dispõe de nascentes e cursos d'água perenes, há uma clara carência de abordagens hidrogeomorfológicas de Trindade na literatura.

A rede hidrográfica apresenta, em termos gerais, uma configuração de padrão radial ou em “espinha de peixe”. As áreas mais elevadas, situadas na porção central da Ilha, são suportadas por estruturas resistentes (Planalto Axial), gerando certa competição entre os

cursos d'água que esculpem seus vales rumo ao oceano da maneira mais curta possível. Essa configuração deve resultar de uma longa dinâmica temporal com diversas modificações no traçado da hidrografia, as quais não deixaram muitos vestígios no relevo atual. Contudo, uma dessas alterações possui evidências que ainda podem ser observadas no caso da captura do córrego Vermelho, o qual drenava em direção à Praia dos Andradas e atualmente flui para a enseada do Príncipe.

O sistema fluvial de Trindade apresenta características típicas das zonas de produção de sedimentos, ou seja, de bacias de cabeceira. Trata-se de área de elevada declividade, com nascentes e canais de 1ª e 2ª ordens esculpados em substratos rochosos ou coluvionares onde preponderam os processos de erosão (efêmeros e temporários no primeiro caso, e temporários ou permanentes no segundo). Deste modo, há o fornecimento de elevada carga sedimentar grossa às calhas fluviais (com destaque para blocos e matacões), excedendo a competência fluvial e levando ao entulhamento de grande parte dos fundos de vales.

Quanto à divisão hidrográfica, foram identificados quatro padrões ou tipos de áreas de escoamento. Há 33 bacias hidrográficas em Trindade, abarcando 69% da superfície da Ilha, além de uma vasta gama de pequenas áreas de escoamento direto nos demais 31% da superfície emersa.

O cálculo da Densidade de Drenagem mostra a presença de bacias bem drenadas, muito bem drenadas, e, sobretudo, excepcionalmente bem drenadas, reflexo da grande incidência de feições erosivas (canais efêmeros). Constatou-se a presença de 15 bacias com formas mais alongadas e 18 bacias com tendência à forma arredondada.

O trabalho apresenta um recorte temporal da dinâmica hidrográfica de Trindade, mas o fato de se tratar de uma ilha tropical, susceptível à sazonalidade climática, deixa clara a necessidade de monitoramento sistemático da dinâmica da rede hidrográfica.

Agradecimentos

À Marinha do Brasil, principalmente ao Comte. Costa Abrantes, pela gentileza e coerência na condução do PROTRINDADE e pelo apoio nas expedições. Aos militares que deram suporte na Ilha, sobretudo aqueles que nos acompanharam nas trilhas: Cb. Nery, Sgt. Mari-

nho, Sgt. Arouca, Sgt. Reis e Sgt. Alberto. Aos oficiais e marinheiros da Corveta Caboclo e do NPaOCamazônas, pelo apoio nas expedições. Ao geógrafo Marcelo Leal pelo apoio em campo e aos geólogos Ramon Patrício e Ana Carolina, e ao oceanógrafo Marcelo Müller, pela disponibilização fotos e dados. Aos grupos de pesquisas Geomorfologia e Recursos Hídricos e TRADO (CNPq/UFGM) pelo apoio, ao CNPq pela concessão de bolsas e ao Projeto de Pesquisa Rede Geo-eco Ilhas (CNPq) pelo apoio financeiro e suporte.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M. **Geologia e Petrologia da ilha da Trindade**. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1961, 197 p.
- ALMEIDA, F. F. M. Ilha de Trindade – registro de vulcanismo cenozoico no Atlântico Sul. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBETBORN, M. L. C. (Eds.). **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. 1ª ed.: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, Brasília, DF, 2002, p.369-377.
- ALVES, R. J. V. **Ilha da Trindade & Arquipélago Martin Vaz – um ensaio geobotânico**. Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro – RJ, 1998, 144p.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117-124, 2003.
- ANDRADE PINTO, L.V.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, M.G.; **Scientia Forestalis**, nº65, p.197-206, 2004.
- ANGULO, R. J.; DE SOUZA; M. C., BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C.; FERNANDES, L. A.; GUEDES, C. C. F.; OLIVEIRA, L. H. S.; MANZOLLI, R. P.; DISARÓ, S. T.; FERREIRA, A. G.; MARTIN, C. M. Quaternary sea level changes and coastal evolution of the Island of Trindade, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 84, p. 208-222, 2018.
- CHARLTON, R. O. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. Londres: Routledge, 1 Ed., 2007, 275p.
- CHEREM, L. F. S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas**. Mestrado (dissertação do Programa de Pós

- Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008, 96 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 186p.
- CLEMENTE, E. D. P. **Ambientes terrestres da Ilha da Trindade, Atlântico Sul**: caracterização do solo e do meio físico como subsídio para a criação e uma unidade de conservação. Doutorado (tese do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006, 167p.
- CORDANI, U. G. Idade do vulcanismo no oceano Atlântico Sul. **Boletim IGA**, v. 1, p. 09-75, 1970.
- CYMBROM, R.; PACHECO, D.; GONÇALVES, V.; CABRAL, M.; CRUZ, J. V.; RAPOSEIRO, P.; COSTA, A.; MARQUES, H.; DOMINGOS, M.; NUNES, J. C.; COUTINHO, R. Monitorização da qualidade das águas superficiais das ilhas de Santa Maria e São Miguel da Região Autónoma dos Açores. In: **Proceedings 8º Congresso da Água**. 2006. p. 13-17.
- FARIA, A.P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A Água em Revista**, Rio de Janeiro, v. 8, 1997.
- FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte - MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Mestrado (dissertação do Programa de Pós Graduação em Geografia – área de concentração: Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2009, 275p.
- FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista GEOgrafias (UFMG)**, v. 9, p. 70-81, 2013.
- FERREIRA, C. L. **Interações geomorfológicas entre bacias de cabeceira e vales fluviais principais: abordagem multiescalar na Bacia do Ribeirão Mata Porcos, Quadrilátero Ferrífero-MG**. Mestrado (dissertação do Programa de Pós Graduação em Geografia – área de concentração: Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais. 2014, 201p.
- GOMINHO, M. F. A. **Gestão dos Recursos Hídricos no Processo de Desenvolvimento Sustentável de Cabo Verde: uma proposta**. Mestrado (dissertação do programa de pós-graduação em Gestão de Empresas). ISCTE, Business School, Instituto Universitário de Lisboa, Departamento de Gestão. Lisboa, Portugal, 2010, 114p.
- GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; DOS SANTOS, I. HIDROGEOMORFOLOGIA: PRINCÍPIOS, CONCEITOS, PROCESSOS E APLICAÇÕES HYDROGEOMORPHOLOGY: PRINCIPLES, CONCEPTS, PROCESSES AND APPLICATIONS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, 2012.
- HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in Humid Temperate regions. **American Journal of Science**, 188, p 80-97, 1960.
- HACK, J.T.; GOODLETT, J.C. Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the central Appalachians. Denver, **U.S. Geol. Surv.**, 1960, 66p.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, n.2, p.275-370, 1945.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos e uso do solo em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande – MG**. Mestrado (dissertação do Programa de Engenharia Agrícola - área de concentração: Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2006, 86p.
- MAIA, M. A. M. **Geodiversidade das áreas adjacentes à Cadeia submarina de Vitória-Trindade: construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do assoalho oceânico**. Mestrado (dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2013, 173p.
- MEINZER, O. E. **Large springs in the United States**. Water Supply Paper 557 – U.S. Government Printing Office. Washington – DC, USA, 1927, 119p.
- MONTENEGRO, A. A.; RIBEIRO, M. R.; MONTENEGRO, S. M., CORRÊA, M. M.; SANTOS, T. E. Potencialidades hídricas superficiais de Fernando de Noronha, PE, e alternativas para incremento da oferta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 931-939, 2009.
- MOTOKI, A.; MOTOKI, K. F.; DE MELO, D. P. Caracterização da morfologia submarina da cadeia Vitória-Trindade e áreas adjacentes-ES, com base na batimetria predita do topo versão 14.1. **Revista Brasileira Geomorfologia**, v. 13, p. 151-170, 2012.
- PANE, E.; PEREIRA, S. Y. As fontes em Itamonte, sul de Minas Gerais – uma contribuição para o entendimento das relações entre água superficial e subterrânea. **Águas subterrâneas**. v. 19. n. 1, p. 1-14, 2005.

- PATRÍCIO, R. L. **Mapeamento da Ilha da Trindade, Atlântico Sul**. Graduação (trabalho de conclusão de curso em Geologia), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2012, 80 p.
- PEDROSO, D.; PANISSET, J. S.; ABDO, L. B. B. Climatologia da Ilha da Trindade. In: SECIRM - Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (org.) **Protrindade: programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade. 10 anos de pesquisas**. 1ed. Brasília: SECIRM, 2017, p.27-32.
- PIRES, G. L. C.; MANSUR, K. L.; BONGIOLO, E. M. Geoconservação da Ilha da Trindade: Principais Aspectos e Potencial de Uso. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 36, n. 2, p. 96-104, 2013.
- PRADA, S. L. R. N. **Geologia e recursos hídricos subterrâneos da ilha da Madeira**. Doutorado (dissertação do programa de pós-graduação em Geologia). Universidade da Madeira, Funchal, Portugal, 2000, 352p.
- SANTAMARTA CEREZAL, J. C. **Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos: Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias**. Colegio de Ingenieros de Montes, Tenerife (Espanha), 2013, 556p.
- SCHAEFFER, C. E. G. R.; OLIVEIRA, F. S. Brazil in the South Atlantic: The Fernando de Noronha and Trindade Archipelagos. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A.; SANTOS, L. (org.) **Landscapes and Landforms of Brazil**. 1ed. Netherlands: Springer, 2015, p. 65-78.
- SCHUMM, S. A. **The Fluvial System**. New York: John Wiley & Sons, 1977, 338p.
- STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**. Vol. 8, n. 6, pp. 913-920, 1957.