

Monitoramento reprodutivo de tartarugas marinhas na praia de Urussuquara/ES após o rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão da mineradora Samarco, localizada no subdistrito de Bento Rodrigues/MG, a 35 km do centro do município brasileiro de Mariana/MG, aproximadamente 16.000 piscinas olímpicas de resíduos de mineração percolaram pelo distrito de Bento Rodrigues num período de apenas 11 minutos. A pluma deste impacto ambiental, se estendeu aproximadamente por 800 km na bacia do Rio Doce, entre Minas Gerais e Espírito Santo. O rio Ipiranga localizado entre os municípios capixabas de Linhares/ES e São Mateus/ES, foi um dos últimos locais atingidos pelos resíduos da bacia do rio Doce, tendo contato com o mar na restinga da praia de Urussuquara/ES, local que é berçário de tartarugas marinhas. O presente estudo realizado pelos cientistas e pesquisadores da Helium Corp Engenharia, tendo como objetivo prospectar ninhos de tartarugas marinhas na praia de Urussuquara e realizar seu monitoramento sazonal, que teve início em setembro de 2017 e seu término em maio de 2018. Foram levantados um total de 23 ninhos com distribuição homogênea pela costa, a espécie com maior abundância de registros foi *Chelonia mydas* (LINNAEUS, 1758) com 17 ninhos, sequentemente a espécie *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758) com 5 ninhos, e por fim a espécie *Dermochelys coriacea* (LINNAEUS, 1766) com 1 ninho levantado. Por conseguinte, a praia de Urussuquara deve ser conceituada como um lócus prioritário de importância mundial à proteção e conservação de tartarugas marinhas.

Palavras-chave: Tartarugas-marinhas; Samarco; Impacto Ambiental; Urussuquara; Monitoramento Ambiental.

Reproductive monitoring of sea turtles on Urussuquara/ES beach after the Fundão dam break in Mariana/MG

On November 5, 2015, the rupture occurred of the Fundão dam of the mining company Samarco, located in the sub-district of Bento Rodrigues/MG, 35 km from the center of the Brazilian municipality of Mariana/MG, approximately 16.000 Olympic pools of mining residue circulated through the district of Bento Rodrigues in a period of only 11 minutes. The plume of this environmental impact, extended approximately 800 km in the Rio Doce basin, between Minas Gerais and Espírito Santo. The Ipiranga river, located between Linhares/ES and São Mateus/ES, was one of the last sites affected by the waste from the Doce river basin, having contact with the sea in the Urussuquara/ES restinga, a place that is a nursery of sea turtles. A total of 23 nests were surveyed with homogeneous distribution along the coast, the species with the greatest abundance of records was *Chelonia mydas* (LINNAEUS, 1758) with 17 nests, followed by the species *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758) with 5 nests, followed by the species *Dermochelys coriacea* (LINNAEUS, 1766) with 1 raised nest. Therefore, Urussuquara beach should be considered as a priority locus of mundial importance for the protection and conservation of sea turtles.

Keywords: Sea turtles; Samarco; Environmental Impact; Urussuquara; Environmental Monitoring.

Topic: **Conservação da Biodiversidade**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **10/08/2019**

Approved: **11/12/2019**

Cleber Vinicius Vitorio da Silva 

Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4275890458575782>

<http://orcid.org/0000-0001-8337-9615>

clebervitorio88@gmail.com

Josimar Ribeiro de Almeida 

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/3215586187698472>

<http://orcid.org/0000-0001-5993-0665>

almeida@poli.ufri.br

Carlos Eduardo Silva 

Companhia Brasileira de Produção Científica, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/3700554054159220>

<https://orcid.org/0000-0001-8358-0263>

carlos.eduardo@cbpciencia.com.br

Camilo Pinto de Souza 

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5526361137852985>

<http://orcid.org/0000-0002-5354-3194>

capisouza@yahoo.com.br

Carlos Domingos da Silva 

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/6460426372841261>

<http://orcid.org/0000-0001-8976-3220>

cdambiental@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2674-6441.2019.002.0001

Referencing this:

SILVA, C. V. V.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; SOUZA, C. P.; SILVA, C. D. Monitoramento reprodutivo de tartarugas marinhas na praia de Urussuquara/ES após o rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG. *Naturae*, v.1, n.2, p.1-13, 2019. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6441.2019.002.0001>

INTRODUÇÃO

O Espírito Santo por ser um Estado com ocupação antiga passou por diversos ciclos econômicos de exploração e de produção, no qual seus ecossistemas terrestres e aquáticos foram sendo gradualmente eliminados e descaracterizados. As matas de baixada, restingas, manguezais e as áreas úmidas foram os ecossistemas associados ao Bioma Mata Atlântica que mais sofreram perdas significativas e degradações oriundas da agricultura, expansão urbana desenfreada e implantação de empreendimentos industriais e imobiliários (VIEIRA et al., 2017; SILVA et al., 2018). Como consequência, diversas populações vegetais e faunísticas destes ambientes terrestres e aquáticos constam na Lista da flora Ameaçada do Estado do Espírito Santo, bem como na lista nacional (MMA) e internacional (IUCN) classificados em diferentes categorias de ameaça ou mesmo considerados extintos. A lei nº 11.428/2006 determina a área de proteção do bioma para os 17 estados da federação, que corresponde a 38% do território brasileiro (BRASIL, 2020).

No entanto, mesmo diante de um intenso e histórico processo de desmatamento, o bioma Mata Atlântica possui uma das maiores biodiversidades do planeta, com altas concentrações de espécies endêmicas (BERGALLO et al., 2016), isto paralelo a um alto nível de degradação. Assim, é possível considerá-lo como um *hotspot*, sendo a conservação de seus recursos naturais de suma importância para a humanidade.

Essa alta biodiversidade tem sido atribuída a características climáticas e geográficas que variam muito em todo o seu território, o que explica as variações da vegetação do bioma, seguidas por uma composição específica de fauna e flora. Estima-se que mais de 1360 espécies de mamíferos, aves, répteis e anfíbios ocorram no bioma. 567 desses são endêmicos. Plantas superiores totalizam 20.000 espécies, mais da metade da massa endêmica.

Apesar do conhecimento sobre a ecologia de répteis ser mais elaborado que a dos anfíbios (SILVA et al., 2017), quando se trata de espécies da Mata Atlântica é relativamente mais restrito, sendo os táxons de restingas e regiões costeiras os mais estudados (HATANO et al., 2001). É conhecido que muitas espécies apresentam especializações alimentares e restrições ambientais, como é o caso dos quelônios marinhos que podem facilmente desaparecer em consequência de alterações ambientais, que ocasionem diminuição na disponibilidade de tais alimentos, podendo provocar reduções populacionais e até mesmo extinções populacionais (SILVA et al., 2018).

Os níveis de compostos xenobióticos despejados nos ambientes marinhos, geram a destruição de diversos habitats aquáticos, indo da zona fótica até as zonas afóticas, assim afetando toda teia trófica marinha. Tal fato tem contribuído para a geração de desequilíbrios ambientais, afetando os ecossistemas marinhos além dos limites da estabilidade, resistência e resiliência.

Em relação ao paradoxo, conservação da biodiversidade correlacionada com a implantação de empreendimentos potencialmente poluidores, destacam-se os municípios de São Mateus/ES e Linhares/ES, localizados na Mesorregião litoral norte Espírito-Santense (IBGE, 2017), em São Mateus/ES e Linhares/ES, na região costeira, predominava a restinga, todavia em quase toda a área de Mata Atlântica se deu lugar a

monocultura de eucalipto, à pecuária e às diversas culturas presentes nos municípios, como o café, o coco e a pimenta-do-reino. As cidades possuem localização privilegiada para o turismo e para a atividade portuária. Paralelamente estas cidades possuem diversas espécies ameaçadas, para a herpetofauna de Linhares/ES e São Mateus/ES, destacam-se os quelônios marinhos *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758), *Lepidochelys olivacea* (ESCHSCHOLTZ, 1829), *Chelonia mydas* (LINNAEUS, 1758), *Dermochelys coriacea* (LINNAEUS, 1766), *Eretmochelys imbricata* (LINNAEUS, 1766).

As tartarugas marinhas compõem um grupo com significativa redução populacional, em decorrência de atividades antrópicas, de acordo com dados atuais publicados pelo National Academy Press (SILVA et al., 2018). Esta situação ocorre em âmbito mundial e indicadores classificam estes répteis como animais em perigo ou em perigo crítico de extinção (World Conservation Union - IUCN). Segundo Assis et al. (2016), as principais atividades de origem humana que causam o declínio das populações destes animais, são a presença de plásticos e polímeros fragmentos no ecossistema marinho, pesca continuada de tartarugas em águas internacionais, atividades associadas com desenvolvimento de óleo e gás, colisões com embarcações, uso de explosivos nos mares e pesca com redes de arrasto e com espinhel.

Mundialmente, são conhecidas 7 espécies de tartarugas marinhas divididas em duas famílias, Cheloniidae e a Dermochelyidae, com exceção das espécies *Lepidochelys kempii* (GARMAN, 1880) e *Natator depressus* (GARMAN, 1880), as outras espécies de tartarugas marinhas têm distribuição cosmopolita, habitando principalmente as áreas tropicais e subtropicais (Portaria MMA nº 445/2014). O litoral capixaba é uma área muito importante para conservação destes quelônios por ser uma área de desova da espécie *Chelonia mydas* (SILVA et al., 2018; TAMAR et al., 2016) que se encontra na Lista Oficial da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (Portaria MMA nº 445/2014), e da IUCN Red List of Threatened Species (International Union for Conservation of Nature).

Na região de Urussuquara e Barra Seca, localizadas entre Linhares/ES e São Mateus/ES, ocorreu uma grande mortandade de biota aquática em janeiro de 2016, especialmente de representantes da ictiofauna e carcinofauna, quando um vento sul extemporâneo trouxe a primeira massa de particulados oriundos dos rejeitos de mineração de Mariana/MG, sendo necessário a interdição da praia de Pontal do Ipiranga (TAMAR et al., 2016).

Destaca-se que no litoral capixaba, para os municípios de Linhares/ES e São Mateus/ES é merecida especial atenção quanto à desova para as cinco espécies de tartarugas marinhas ocorrentes no Atlântico sul, frente a todos estes impactos deletérios aos ecossistemas estuarinos e marinhos, foi realizado o monitoramento das tartarugas marinhas e a prospecção por seus respectivos ninhos, cujas localidades foram atingidas pela pluma de contaminantes, gerados pelo rompimento da barragem do Fundão, em Mariana/MG.

MATERIAS E MÉTODOS

Caracterização da área de Estudos

A praia de Urussuquara localiza-se na divisa dos municípios de Linhares/ES e São Mateus/ES (Figura

2), cujos climas são caracterizados, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), de acordo com Köppen e Geiger como Am (clima de monção tropical) em São Mateus-ES e Aw (clima de savana tropical) em Linhares-ES, tendo temperatura média anual em torno dos 24,2 °C com invernos secos e amenos e verões chuvosos com temperaturas elevadas (Figura 1). O mês mais quente, fevereiro, tem temperatura média de aproximadamente 26,6 °C. Outono e primavera são estações de transição. O índice pluviométrico anual é de aproximadamente 1240 mm, sendo novembro o mês de maior precipitação. Quando comparados o mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 120 mm em relação ao mês mais chuvoso. As temperaturas médias variam 4.5 °C ao longo do ano. (Ana, 2007).

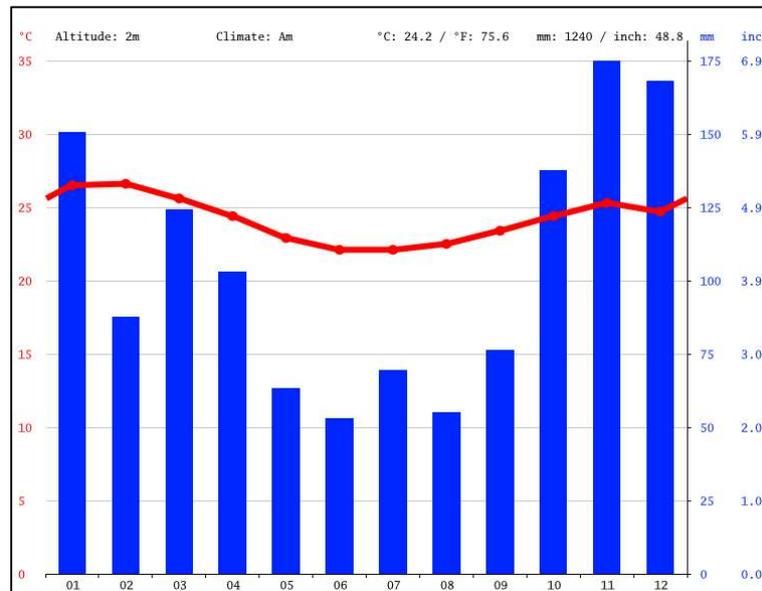


Figura 1: Climograma da área de estudos.

O solo predominante em Linhares/ES e São Mateus/ES, é o latossolo vermelho-amarelo distrófico e podzólico, com fertilidade de média à baixa e com pH em torno de 5,0, sendo formado pelos tabuleiros sedimentares e com argilitos e arenitos, todavia na área de interesse deste monitoramento o solo é do tipo arenoso (Figura 2), característico de áreas de restinga, com alto índice de salinidade e ambiente hídrico lábil, caracterizando um ecossistema seletivo que exige grande adaptabilidade das espécies vegetais para colonização do ambiente, como: folhas modificadas em espinhos ou diminutas, caducifólia total ou parcial, Parênquima aquífero muito desenvolvido, elevado nível de cálcio nas células, dentre outras (SILVA et al., 2018).

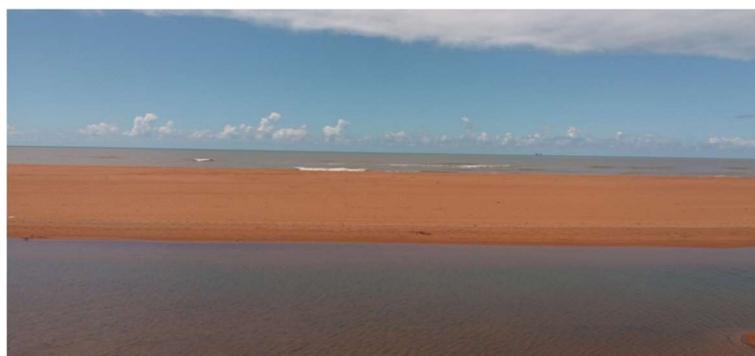


Figura 2: Espaço amostral da área de estudos (Lat. -19.062322; Long. -39.724125).

No dia 5 de novembro de 2015 ocorreu rompimento da barragem de Fundão da mineradora Samarco, localizada no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do centro do município brasileiro de Mariana-MG, aproximadamente 16 mil piscinas olímpicas de resíduo de mineração percolaram pelo distrito de Bento Rodrigues, localizado na cidade de Mariana/MG, num período de apenas 11 minutos. A pluma deste impacto ambiental, se estendeu por aproximadamente 800 km no rio Doce, entre Minas Gerais e Espírito Santo. Linhares/ES foi o último município afetado pelos rejeitos de mineração, onde o rio Doce desagua sua foz. A região de Linhares/ES e São Mateus/ES é cercada de pequenos rios e lagos somando um total de 69 sendo 27 na sede do município, 28 em Regência, 01 em Portal do Ipiranga, 10 em São Rafael e 03 em Desengano (SILVA et al., 2018).

A área de estudos corresponde a totalidade da praia de Urussuquara (Figura 3), com um espaço amostral de 149,3 ha, dos quais 60,8 ha são de restinga paludosa, 41,4 ha de pastagem degradada, 31,3 ha de mata fechada de restinga, 15, 8 ha de mata aberta de restinga e 0,4 ha de formação herbácea característica do ecossistema restinga (Figura 3). A praia de Urussuquara foi um dos últimos locais atingidos pela pluma de contaminantes xenobióticos oriundos da barragem do Fundão de Mariana/MG.



Figura 3: Mapa de cobertura vegetal da área de estudos.

Método de Prospecção do Comportamento Reprodutivo das Tartarugas Marinhas

A reprodução de tartarugas marinhas na costa brasileira vai de Setembro a Março. Neste período, foram realizadas 4 campanhas de amostragem para as 4 sazonalidades, cada uma com duração de 10 dias de

campo, sendo a primeira ao final de agosto de 2017, a segunda no fim de novembro de 2017, a terceira no início de fevereiro de 2018 e a quarta campanha ao final de maio de 2018. Foram realizados esforços de monitoramento reprodutivo (Figura 4) pela equipe de cientistas e pesquisadores da Helium Corp Engenharia, seguindo a metodologia proposta por Marcovaldi et al. (1999), além de acompanhar as atividades de campo do projeto TAMAR durante 72 h para cada uma das sazonalidades ocorrentes deste monitoramento de tartarugas marinhas, totalizando assim 288 h de esforço amostral em conjunto com o projeto TAMAR.

A equipe prospectou ninhos de tartarugas marinhas em todo os 149,3 ha de espaço amostral, os ninhos encontrados foram numerados e diligenciados ao banco de dados do projeto TAMAR. Em campo foram marcados com uma estaca de madeira e monitorados.



Figura 4: Registro de ninhos na praia de Urussuquara. A- registro de ninho de *C. caretta*; B- registro de eclosão do ninho encontrado de *C. caretta*; C- Acompanhamento dos nativos até o mar da praia de Urussuquara.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento Reprodutivo

Durante o monitoramento reprodutivo foram registrados 23 ninhos de tartarugas marinhas (Figura 5), dos quais 3 foram feitos de forma inédita pela Helium Corp Engenharia e 20 pelo projeto TAMAR, com ampla distribuição por todo espaço amostral da praia de Urussuquara. A espécie com maior abundância de ninhos foi *Chelonia mydas*, com um total 17 nidificações, sendo o maior pico para a sazonalidade de primavera com 8 registros de ninhos (Figura 6). A segunda espécie com maior abundância de ninhos foi *Caretta caretta*, com maior pico de registros para a sazonalidade de verão com 4 registros de ninhos. A espécie *Dermochelys coriacea*, apresentou apenas um único registro para o verão. Nenhuma das espécies registradas apresentou registro de nidificação para a sazonalidade de inverno (Figura 5 e Figura 6).

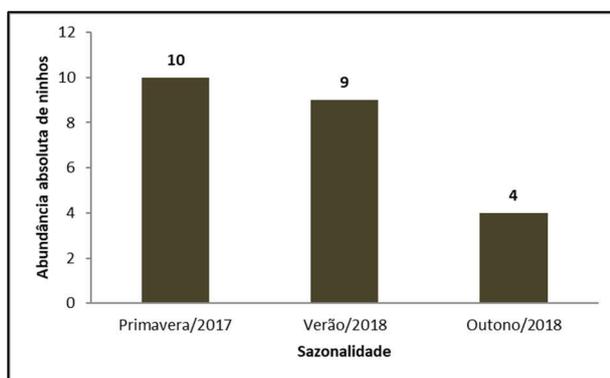


Figura 5: Abundância total de ninhos por sanolidade amostral.

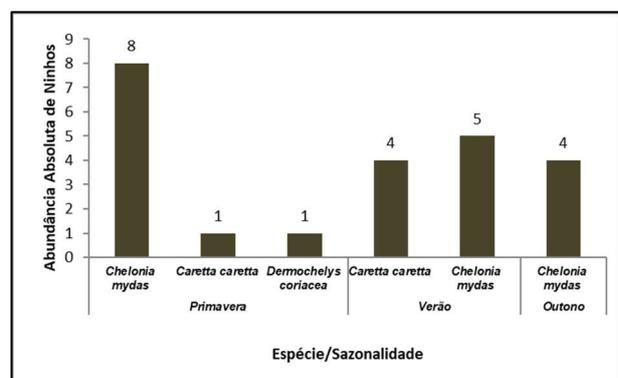


Figura 6: Abundância de ninhos por espécie e por sazonalidade amostral.

Quanto à disposição total dos ninhos na praia de Urussuquara para todas as sazonalidades de

monitoramento, observa-se uma distribuição homogênea dos ninhos por todo espaço amostral, sendo visível que esta localidade é utilizada por tartarugas marinhas durante a sua história de vida (Figura 7).



Figura 7: Disposição de todos os ninhos por espécie, encontrados na área de estudos para as 4 sazonalidades amostrais.

Durante o monitoramento primaveril, ocorreram registros de ninhos para as três espécies amostradas neste estudo, com distribuições adensadas ao norte e ao sul da área de estudos, onde a espécie mais abundante e frequente no espaço amostral foi *C. mydas*. Também houveram registros das espécies *C. caretta* ao norte da área de estudos e das espécies *D. coriacea* também ao norte (Figura 8).



Figura 8: Disposição de todos os ninhos por espécie, encontrados na área de estudos para a sazonalidade de primavera.

A tartaruga gigante-de-couro (*D. coriacea*) apresenta a mais ampla distribuição geográfica dentre todas as espécies de quelônios marinhos (PALADINO et al., 1990), todavia as suas desovas são restritas aos ambientes tropicais e subtropicais (JAMES et al., 2001; REINA et al., 2002). No Brasil, o estado do Espírito Santo é o lócus geográfico em que ocorrem desovas anuais com periodicidade sazonal de *D. coriacea* (THOMÉ et al., 2007). A desova de *D. coriacea* com regularidade e frequência é depositada em locais sujeitos à erosão e alagamento (KELLE et al., 2007). Outrossim, medidas de manejo, como a transferência destes ninhos, são cabais para o desenvolvimento embrionário dos ovos (THOMÉ et al., 2007). Com isso a equipe de cientistas da Helium Corp Engenharia e do Projeto Tamar, realizaram o resgate de ovos desta espécie para a base laboratorial regional do projeto Tamar, para posterior soltura dos mesmos (Figura 9) no local de encontro

dos ovos de *D. coriacea*.



Figura 9: Resgate dos ovos de *D. coriacea*. A- encontro de ovos em local raso. B- escavação do ninho; C- Resgate de ovos.

A cobertura vegetal pode influenciar a temperatura dos ninhos diretamente através do sombreamento ou, indiretamente, alterando a profundidade da câmara de ovos (BUSTARD et al., 1968). Ninhos de *C. mydas* (SPOTILA, 2004) e *C. caretta* (SANTOS et al., 2009) situados em áreas vegetadas resultaram em maior abundância populacional de machos que aqueles localizados nas zonas com maior radiação solar. A vegetação rasteira, *Canavalia rosea* (Fabaceae), *Ipomea pescaprea* (Convolvulaceae) e *Blutaparon sp.* (Amaranthaceae), facilitam o processo de abertura dos ninhos de *C. caretta* e os ninhos situados em áreas vegetadas são mais rasos que aqueles localizados na face arenosa nua de praia, pois as raízes conferem uma maior consonância aos sedimentos e evitam o colapso da câmara de ovos (FERREIRA JÚNIOR et al., 2003).

Durante a sazonalidade de verão, foram registradas as espécies *C. mydas* e *C. caretta*, quanto o uso do espaço, as espécies apresentaram comportamento distinto, nesta sazonalidade a espécie *C. caretta* teve a concentração de seus ninhos ao centro da área de estudos onde são encontrados adensamentos de *Canavalia rosea*, *Ipomea pescaprea* e *Blutaparon sp.* e a espécie *C. mydas* teve a sua concentração de ninhos ao norte e ao sul da área de estudos, com sua totalidade de concentração na faixa de areia (Figura 10).



Figura 10: Disposição de todos os ninhos por espécie, encontrados na área de estudos para a sazonalidade de verão.

Durante a sazonalidade de outono apenas foram registrados ninhos da espécie *C. mydas*, com disposição ao norte, ao sul e ao centro da área de estudos (Figura 11). As propriedades dos sedimentos, como a granulometria, o grau de seleção, a composição mineralógica, o albedo, a salinidade e o pH, são apontadas como fatores que influenciam a escolha das áreas de desova e que afetam a tempestividade da incubação dos ovos de quelônios marinhos (GARRESTANI et al., 2000). *C. mydas* que desova em sedimentos mais

grossos apresenta um maior sucesso reprodutivo para a área de estudos, cuja granulometria do solo é composta em maior frequência por sedimentos desta proporção.

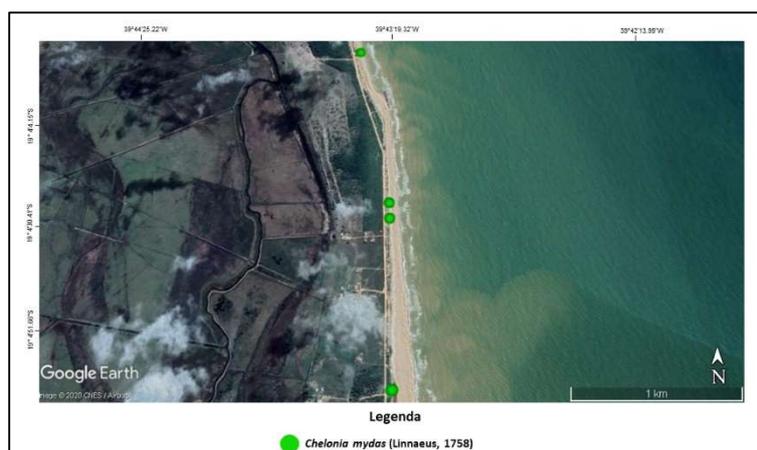


Figura 11: Disposição de todos os ninhos por espécie, encontrados na área de estudos para a sazonalidade outonal.

Na praia de Sekania, Grécia, *C. caretta* desova, com maior frequência nas zonas da praia onde a faixa de areia é bem selecionada (KARAVAS et al., 2005). Milton et al. (1997) mostraram que nidificações de *C. caretta* situadas em sedimentos carbonáticos podem ser até 3,4 °C mais frios que os ninhos situados em sedimentos quartzosos. O albedo (HAYS et al., 2001) e a cromocidade dos sedimentos (NARO-MACIEL et al., 1999) afetam diretamente a temperatura e conseqüentemente a incubação dos ovos de *C. caretta*. Para a área de estudos a escolha dos ambientes de nidificação pela espécie *C. caretta*, ocorreram em solos menos quartzosos e com maior albedo.

Impactos Ambientais Após o Desastre de Mariana/MG

Segundo Marcondes et al. (2017), a temporada de desova de tartarugas marinhas em Linhares/ES e São Mateus/ES 2015/2016 ostentou um recorde, com acréscimo relativo de mais de 100% dos ninhos de *C. caretta* em relação a temporada pretérita, não só no ES, mas também no RJ e BA. A referida temporada compatibilizou com o desastre ambiental de Mariana/MG sobre a bacia do rio Doce, e com a chegada da pluma de rejeitos ao mar e ao estuário capixaba, no pico do período de desova. Não obstante a pluma de rejeitos se alastrou pelo litoral capixaba, concentrando-se na foz do rio Doce, não houveram evidências, na temporada do desastre e na seguinte, de afugentamento das fêmeas ou de alteração das desovas e da taxa de eclosão. A temporada 2016/17 (50 ninhos), em relação à 2015/16 (38 ninhos), apresentou uma redução de 24% no número de desovas, oscilação natural de acordo com a série histórica de dados reprodutivos.

O rio Ipiranga localizado na região de Urussuquara, que mais ao norte do Espírito Santo se torna o rio Barra Seca, apresentou grande mortandade de peixes de janeiro de 2016 até o presente momento deste trabalho científico, tendo um grande impacto na economia local, com um limiar de 19 meses após a chegada da massa de particulados oriundos da lama, isto é, em junho de 2017.

Segundo Silva et al. (2018), o aporte de rejeitos da barragem do Fundão, alterou significativamente o ecossistema marinho de Linhares/ES e São Mateus/ES, impactando ainda a praia de Urussuquara diretamente. Os parâmetros, totais de sólidos totais dissolvidos (TDS), oxigênio dissolvido (OD) e potencial

hidrogeniônico (pH) estiveram em desacordo com a resolução CONAMA N° 357/2005, o parâmetro condutibilidade elétrica também apresentou alterações significativas.

No monitoramento físico-químico das águas costeiras capixabas após o rompimento da barragem do Fundão (Tabela 1) realizado por Silva et al. (2018), para o ecossistema marinho da região de Urussuquara, em Setembro de 2017, foram levantadas concentrações médias de sólidos totais solúveis acima dos 500 ppm e condutividade acima de 1000 µS/cm, estas concentrações estão fora das conformidades da resolução CONAMA N° 357/2005 e em maio de 2018 o pH médio para o ecossistema estuarino foi de 8,53, valor também considerado inadequado segundo esta mesma resolução.

Tabela 1: Parâmetros univariados das variáveis abióticas coletadas nas sazonalidades estacionais, para o ecossistema marinho e estuarino de Urussuquara/ES. Em vermelho encontra-se todas as variáveis que não estão em conformidade com a resolução CONAMA 357/2005.

Inverno de 2017							
Ecossistema Estuarino	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	7,02	22,80	1039,17	518,67	4,83	0,62	1,27
S	0,23	0,38	37,35	20,03	1,23	0,10	0,80
S ²	0,05	0,15	1394,97	401,07	1,52	0,01	0,65
Sx	0,09	0,16	15,25	8,18	0,50	0,04	0,33
cv%	3,24	1,68	3,59	3,86	25,58	15,94	63,49
Ecossistema Marinho	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	8,46	23,18	962,67	507,67	41,97	4,28	11,67
S	0,20	0,08	14,53	40,37	1,48	0,35	7,28
S ²	0,04	0,01	211,07	1629,87	2,19	0,12	53,07
Sx	0,08	0,03	5,93	16,48	0,60	0,14	2,97
cv%	2,34	0,34	1,51	7,95	3,53	8,14	62,44
Primavera de 2017							
Ecossistema Estuarino	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	7,49	25,92	29,96	15,10	1,51	0,50	2,35
S	0,25	0,19	1,91	0,79	1,54	0,00	1,12
S ²	0,06	0,04	3,66	0,62	2,38	0,00	1,25
Sx	0,10	0,08	0,78	0,32	0,63	0,00	0,46
cv%	3,39	0,75	6,38	5,22	102,13	0,00	47,52
Ecossistema Marinho	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	8,42	26,50	36,80	18,61	15,59	3,67	10,83
S	0,15	0,13	5,58	1,52	5,56	3,87	6,05
S ²	0,02	0,02	31,10	2,31	30,96	14,97	36,57
Sx	0,06	0,05	2,28	0,62	2,27	1,58	2,47
cv%	1,78	0,48	15,15	8,17	35,70	105,51	55,82
Verão de 2018							
Ecossistema Estuarino	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	7,24	25,96	34,26	17,32	4,10	0,38	2,42
S	0,33	0,61	4,16	2,48	1,26	0,13	1,23
S ²	0,11	0,38	17,35	6,16	1,58	0,02	1,51
Sx	0,14	0,25	1,70	1,01	0,51	0,05	0,50
cv%	4,57	2,37	12,16	14,34	30,67	34,67	50,77
Ecossistema Marinho	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	8,43	26,87	48,45	27,75	19,61	3,67	12,42
S	0,16	0,15	1,63	1,24	4,31	4,19	6,40
S ²	0,02	0,02	2,66	1,53	18,58	17,58	40,94
Sx	0,06	0,06	0,67	0,51	1,76	1,71	2,61
cv%	1,86	0,57	3,37	4,46	21,98	114,35	51,53
Outono 2018							

Ecosistema Estuarino	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	7,47	24,33	31,24	21,17	4,05	0,38	2,42
S	0,55	0,52	8,41	5,28	0,07	0,13	1,23
S ²	0,30	0,27	70,65	27,87	0,01	0,02	1,51
Sx	0,22	0,21	3,43	2,16	0,03	0,05	0,50
cv%	7,34	2,12	26,91	24,93	1,81	34,67	50,77
Ecosistema Marinho	pH	°C	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Profundidade Total (m)
x ⁻	8,53	25,00	50,92	28,47	25,26	1,67	12,42
S	0,24	0,00	1,42	0,95	6,10	1,44	6,40
S ²	0,06	0,00	2,01	0,90	37,21	2,07	40,94
Sx	0,10	0,00	0,58	0,39	2,49	0,59	2,61
cv%	2,79	0,00	2,79	3,34	24,15	86,26	51,53

Fonte: Silva et al. (2018).

De acordo com o CENTRO TAMAR et al. (2016), houve uma expressiva mortandade de organismos aquáticos no rio Ipiranga, no segundo semestre de 2016 e primeiro semestre de 2017, fato que pode estar correlacionado com o rompimento da barragem do Fundão. Os sólidos agem de maneira indireta sobre a vida aquática, impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água o que, conseqüentemente, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio (FELTRE, 2004). Segundo o CENTRO TAMAR et al. (2016), ocorreram grandes concentrações de ferro no rejeito de mineração que percolou a bacia do rio Doce. Águas ricas em íons Fe³⁺, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (CORCÓVIA, 2012). A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (FUNASA, 2014). Ela expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, de maneira simplificada, mede a transparência da água (ANA, 2006). Estes parâmetros são importantes para a manutenção da vida nos ecossistemas marinho e estuarino. Alterações nos sólidos totais dissolvidos e na condutividade elétrica, podem decrescer a produtividade do ecossistema aquático e conseqüentemente ocasionar quedas na disponibilidade de alimentos para os filhotes de tartarugas marinhas da praia de Urussuquara.



Figura 12: Soltura de 350 espécimes de *C. caretta* (lat -19.07874625; long -39.72227552) na praia de Urussuquara.

Baseando-se nos estudos de Silva et al. (2018), que ocorreram no mesmo espaço amostral deste

trabalho científico e em simultaneidade com o mesmo, a equipe da Helium Corp Engenharia orientou a equipe de pesquisadores do projeto TAMAR a realizar a soltura de tartarugas marinhas em pontos onde a pluma de impacto era menor. A soltura de 350 espécimes (Figura 12) de *C. caretta*, foi acompanhada durante a sazonalidade primaveril do ano de 2017 na coordenada lat. -19.07874625 e long. -39.72227552.

CONCLUSÕES

O município de Linhares/ES, localizado a cerca de 800 km da barragem do Fundão, foi o último distrito legal a ser impactado pelos rejeitos de mineração. O banco de dados gerados pelo monitoramento de tartarugas marinhas na praia de Urussuquara indicam que estes indivíduos estão iniciando sua história de vida em um ecossistema que possui um grande aporte de contaminantes oriundos do rompimento da barragem do Fundão de Mariana/MG.

O desastre denotou a conectividade entre as áreas marinhas, estuarinas e terrestres, ainda que afastadas geograficamente, através da malha hidrográfica. Destaca-se a importância da conservação de toda a bacia do rio Doce, principal recurso hídrico do ES, para a manutenção da sinergia e homeostase dos ecossistemas marinhos do litoral capixaba, a exemplo das populações de tartarugas marinhas. Sendo de supra importância a continuidade do monitoramento do ambiente físico-químico dos ecossistemas marinhos e estuarinos de Linhares/ES e São Mateus/ES e conseqüentemente da praia de Urussuquara, bem como o prosseguimento do monitoramento reprodutivo das tartarugas marinhas desta região que é um berçário para as mesmas, sendo um lócus prioritário a proteção e conservação da biodiversidade de importância mundial.

AGRADECIMENTOS: À Companhia Brasileira de Produção Científica (CBPC) pela releitura, organização e editoração desta obra. À Helium Corp. Engenharia, pelo financiamento e contribuição científica. Ao Projeto Tamar pela contribuição científica e colaboração nas atividades de campo.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim:** Relatório do Diagnóstico Final. Brasília: ANA, 2006.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Evolução da organização e implementação da gestão de bacias no Brasil.** Brasília: ANA, 2007.

ASSIS, F. P. G.; LOPES, S. R.. Causa de óbitos de tartarugas marinhas das praias de Aracruz/ES, Brasil. *Natureza*, v.14, n.2, p.7-13, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: DOU, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria MMA Nº 443, DE 17 de dezembro de 2014.** Brasília: DOU, 2014.

CORCÓVIA, J. A.; CELLIGOI, A.. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiaporã-PR. *Revista de Estudos Ambientais*, v.14, n.2, p.39-48, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.7867/1983-1501.2012v14n2p39-48>

FELTRE, R.. **Físico-química.** 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERREIRA JÚNIOR, P. D.. **Influência dos processos sedimentológicos e geomorfológicos na escolha das áreas de nidificação de *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-amazônia) e *Podocnemis unifilis* (tracajá) na bacia do rio Araguaia.** Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Belo Horizonte, 2003.

FUNASA. Fundação Nacional De Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS.** Brasília: FUNASA, 2014.

GARMESTANI, A. S.; PERCIVAL, H. F.; PORTIER, K. M.; RICE, K. G.. Nest-site selection by loggerhead sea turtle in Florida's

Tem Thousand Island. **Journal of Herpetology**, v.34, n.4, p.504-510, 2000. DOI: <http://doi.org/10.2307/1565263>

HAYS, G. C.; ASHWORTH, J. S.; BARNESLEY, M. J.; BRODERICK, A. C.; EMERY, D. R.; GODLEY, B. J.; HENWOOD, A.; JONES, E. L.. The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. **Oikos**, v.93, n.1, p.87-94, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.930109.x>

HATANO, F. H.; C. A. B. V, D; GALDINO, M. CUNHA-BARROS, R. C. F.; VAN SLUYS, D. E. M.. Thermal ecology e activity patterns of the lizard community of the Restinga de Jurubatiba, Macao, RJ. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, n.2, p.287-294, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0034-71082001000200011>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

JAMES, M. C.; HERMAN, T. B.. Feeding of *Dermochelys coriacea* on Medusae in the Northwest Atlantic. **Chelonian Conservation and Biology**, Kansas, v.4, n.1, p.202-205, 2001.

KARAVAS, N.; GEORGHIOU, K.; ARIANOUTSOU, M.; DIMOPOULOS, D.. Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. **Biological Conservation**, v.121, n.2, p.177-188, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.04.017>

KELLE, L.; GRATIOT, N.; NOLIBOS, I.; THÉRÈSE, J.; WONGSOPAWIRO, R.; THOISY, B.. Monitoring of nesting Leatherback Turtles (*Dermochelys coriacea*): contribution of remote sensing for real-time assessment of beach coverage in French Guiana. **Chelonian Conservation and Biology**, v.6, n.1, p.142-146, 2007. DOI: [http://doi.org/10.2744/1071-8443\(2007\)6\[142:MONLTD\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.2744/1071-8443(2007)6[142:MONLTD]2.0.CO;2)

MARCONDES, A. C. J.; BAPTISTOTTE, C.; THOMÉ, J. C. A.; VILA-VERDE, L.; RIBEIRO, F. A.; FREIRE, J. B.; PIZETTA, G. T.. Pesquisa e Proteção das Tartarugas Marinhas na Foz do Rio Doce e o Desastre de MARIANA-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO; ENCOGERCO CIDECSUL/FURG, 10. **Anais**. Rio Grande, 2017.

MARCOVALDI, M. A.; MARCOVALDI DEI, G. G.. Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. **Biological Conservation**, Washington, v.91, n.1, p.35-41, 1999. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00043-9](http://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00043-9)

MILTON, S. L.; SCHULMAN, A. A.; LUTZ, P. L.. The effect of beach nourishment with aragonite versus silicate sand on beach temperature and loggerhead sea turtle nesting success. **Journal of Coastal Research**, v.13, n.3, p.904-915, 1997.

PALADINO, F. V.; O'CONNOR, M. P.; SPOTILA, J. R.. Metabolism of leatherback turtles, gigantothermy, and thermoregulation of dinosaurs. **Nature**, v.344, n.6269, p.858-860, 1990. DOI: <http://doi.org/10.1038/344858a0>

NARO-MACIEL, E.; MROSOVSKY, N.; MARCOVALDI, M. Â.. Thermal profiles of sea turtle hatcheries and nesting areas at

Praia do Forte, Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v.3, n.3, p.407-413, 1999.

REINA, R. D.; MAYOR, P. A.; SPOTILA, J. R.; PIEDRA, R.; PALADINO, F. V.. Nesting ecology of the Leatherback Turtle, coriacea, at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: 1988-1989 to 1999-2000. **Copeia**, v.2002, n.3, p.653-664, 2002. DOI: [http://doi.org/10.1643/0045-8511\(2002\)002\[0653:NEOTLT\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1643/0045-8511(2002)002[0653:NEOTLT]2.0.CO;2)

SANTOS, C. H.; FERREIRA JÚNIOR, P. D.. Influência do local da desova na incubação de *Dermochelys coriacea* Vandelli, 1761 (Testudines: Dermochelyidae) na Reserva Biológica de Comboios, norte do estado do Espírito Santo, Brasil. **Biota Neotropica**, v.9, n.3, p.413-418, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1676-06032009000300038>

SILVA, C. V. V.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; CARVALHO, L. O.; SILVA, C. D.. Physical-chemical monitoring of the Linhares (ES) and São Mateus (ES) aquatic ecosystem after the breaking of the Fundão Dam, Mariana, Minas Gerais. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.5, p.1-11, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.005.0001>

SILVA, C. V. V.; TOMAS JUNIOR, O. A.; CARVALHO, L. O.; ABREU, L. A. S.. Monitoramento de Quelônios Marinhos em Linhares/ES Após o Desastre Ambiental de Mariana/MG. In: CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 15. **Anais**. Poços de Caldas, 2018.

SILVA, C. V. V.; MENDES JUNIOR, M.; MATARAZZO, A.; PINHEIRO JUNIOR, A. C. F.; SILVA, K. A.. Levantamento Primavera e Caracterização da Herpetofauna da Represa Billings, São Bernardo do Campo/SP. In: SIMPÓSIO MULTIDISCIPLINAR DA ESTÁCIO SÃO PAULO. **Anais**. São Paulo, 2017.

SPOTILA, J. R.. **Sea turtles**. Maryland: Johns Hopkins, 2004.

TAMAR; ICMBIO. **Nota Técnica 010/2016**: Informações para resposta ao Requerimento de Informação nº 1515/2016, da Comissão Externa do Rompimento de Barragem na região de Mariana/MG. 2016a.

TAMAR; ICMBIO. **Nota Técnica 001/2016**: Análise da proibição de pesca de camarão e demais recursos pesqueiros na região marinha próxima à foz do rio Doce (Aracruz e Linhares/ES). 2016b.

THOMÉ, J. C. A.; BAPTISTOTTE, C.; MOREIRA, L. M. P.; SCALFONI, J. T.; ALMEIDA, A. P.; RIETH, D. B.; BARATA, P. C. R.. Nesting biology and conservation of the leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) in the State of Espírito Santo, Brazil, 1988-1989 to 2003-2004. **Chelonian Conservation and Biology**, v.6, n.1, p.15-27, 2007. DOI: [http://doi.org/10.2744/1071-8443\(2007\)6\[15:NBACOT\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.2744/1071-8443(2007)6[15:NBACOT]2.0.CO;2)

VIEIRA, N. C.; CARVALHO, L. O.; SILVA, C. V. V.; ABREU, L. A. S.. A Importância das Operações de Manejo e Resgate de Fauna na Implantação de Empreendimentos Imobiliários no Bioma Mata Atlântica. In: SEMANA ACADÊMICA DE BIOLOGIA, 37. **Anais**. Seropédica: UFRRJ, 2017.