

## ANÁLISE DA CAPACIDADE DE CARGA EM INFRAESTRUTURA HÍDRICA DA ILHA DE FERNANDO DE NORONHA – PE, BRASIL

Flávio Leôncio Guedes<sup>1</sup>  
Wilson Ramos Aragão Júnior<sup>2</sup>  
Antônio Italcy de Oliveira Júnior<sup>3</sup>  
José Antonio Ribeiro de Araujo<sup>4</sup>  
José Ivan dos Santos Júnior<sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

A Organização Mundial do Turismo – OMT (2014) destaca a importância do turismo para a economia nos Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento – PEID. Os estados insulares possuem propriedades físicas que os tornam atraentes, principalmente, por possuírem endemismo de espécies, atrativos naturais únicos e por serem considerados destinos exóticos para atividades turísticas.

O número de turistas que frequenta ambientes insulares aumentou de 28 milhões, em 2000, para 41 milhões, em 2013 (OMT, 2014). Em 2014, a Organização das Nações Unidas – ONU declarou o Ano Internacional dos Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento, com a finalidade de chamar atenção para diversas dificuldades enfrentadas pelas populações que habitam em ilhas.

Essas regiões, por sua fragilidade, podem facilmente apresentar degradação nos ecossistemas. As interferências podem ser oriundas de processos naturais, geralmente causadas pelas atividades antrópicas, ou mudanças climáticas. Ambos influenciam diretamente nas atividades econômicas de subsistência, na perda da biodiversidade e na disponibilidade de água potável (CARVALHO et al., 2016).

O arquipélago de Fernando de Noronha, por suas paisagens naturais exuberantes, se estabeleceu como um dos roteiros turísticos mais procurados do Brasil. Assim, devido o aumento da população fixa e flutuante da ilha, de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), são identificados problemas com de infraestrutura hídrica na ilha.

O turismo sem controle pode interferir diretamente na disponibilidade da água potável nas ilhas, pois se estima que somente o setor hoteleiro consumisse em torno de 5000 litros de água por hóspede/noite com a comida e a bebida (GOSSLING et al., 2012). Dessa forma, surge a necessidade de definir como o volume total de água doce é utilizado para produzir os bens e serviços consumidos na região de estudo.

O termo pegada hídrica - PH é utilizado para indicar consumo total de água utilizada entre pessoas e produtos em diferentes localidades do mundo (FENG et al., 2011). Porém, no Brasil, esse tema é pouco difundido. A PH de uma comunidade pode ser aferida

---

<sup>1</sup> Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, f\_l\_guedes@hotmail.com;

<sup>2</sup> Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, wilsonramosaragao@hotmail.com;

<sup>3</sup> Doutorando do Curso de Engenharia de Energia da Universidade de Pernambuco- UPE, antonioitalcy@hotmail.com;

<sup>4</sup> Mestrando do Curso de Engenharia de Energia da Universidade de Pernambuco- UPE, joseantonioengcivil@gmail.com;

<sup>5</sup> Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, juniorsantosji17@gmail.com.

multiplicando-se todos os bens e serviços usados nos conteúdos de água virtual (OEL; HOEKSTRA, 2012), e, com isso, quantificar o consumo de água total no decorrer da cadeia produtiva (YU et al., 2010). Logo, o balanço da pegada hídrica permite estimar o consumo total de água ao longo do ciclo de fornecimento global (VICENTE et al., 2013).

Dentro desse contexto, justifica-se a necessidade da realização da pegada hídrica do arquipélago, a fim de estimar sua influência na capacidade de suporte em infraestrutura, considerando a existência de três cenários: o consumo de água doce (PH AZUL), o consumo de água pluvial (PH VERDE) e o volume de água necessária para diluir contaminantes a níveis aceitáveis (PH CINZA).

## **METODOLOGIA**

Inicialmente, foi realizada uma análise bibliográfica sobre os temas ECS e PH, que deram suporte para as etapas de caracterização sobre três tipologias do cálculo da PH e o ECS da Ilha. Segundo Cervo et al. (2007, p.61), a pesquisa bibliográfica “constitui o procedimento básico para os estudos monográficos, pelos quais se busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema.”

Para o cálculo da PH foi utilizado o método desenvolvido por Hoekstra (2003) e ratificadas através da Water Footprint Network (WFN) em 2008. Dessa forma, se pôde refletir o uso, consumo e contaminação da água de forma direta e indireta. A metodologia distinguiu três tipos de Pegadas: PH Azul, PH Verde e PH Cinza.

Após a pesquisa foi utilizado o método comparativo, no qual, ocupa-se da elucidação dos fenômenos e permite avaliar o dado concreto, concluindo desse “os elementos constantes, abstratos e gerais.” (LAKATOS; MARCONI, 2007, p. 107). Segundo Gil (2008) o método comparativo procede pela averiguação, com vistas a observar as diferenças e as analogias entre eles. “Sua ampla utilização nas ciências sociais deve-se ao fato de possibilitar o estudo comparativo de grandes grupamentos sociais, separados pelo espaço e pelo tempo.” (GIL, 2008, p. 16-17).

Nesse contexto, foram avaliadas características da PH comparadas em conjunto com o ECS de Fernando de Noronha realizado em 2009. Essa comparação foi de acordo com o modelo proposto por Beni (2001), no qual, a atividade turística se constitui em partes que interagem impactando umas as outras, como a superestrutura, que inclui elementos da infraestrutura hídrica.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Ciclo de Vida das Áreas de Turismo (*tourism Areas Life Cycle*) – (TALC)**

As atividades turísticas em áreas naturais tem apresentado um significativo crescimento em alguns países, nas últimas décadas. Cerca de 8 bilhões de pessoas frequentam áreas de preservação, anualmente (BALMFORD, et al. ,2015). Segundo o ICMBIO (2016), as visitas em áreas protegidas eram, em 2006, de 1,9 milhões, subindo para 8,3 milhões de visitantes, em 2016.

Para Butler (1980), o número de turistas era relacionado às variáveis consideradas num certo período de tempo. Esse somatório determinava as fases do turismo. As fases do ponto de vista do enquadramento teórico do modelo do ciclo de vida da área turística (TALC), estabelecidas pelo pesquisador, são: “exploração”, “investimento”, “desenvolvimento”, “consolidação” “estagnação” e posteriormente “declínio” ou “revitalização” .

### **O Estudo da Capacidade de Carga ou de Suporte**

O estudo de capacidade de suporte ou carga não deve ser aplicado somente como uma metodologia para controle de turistas. É fundamental que todos os serviços como

hospedagens, alimentação, transportes e infraestrutura da localidade, estejam organizados para receber o fluxo do turismo. O estudo de visitação e manejo deve se relacionar com os componentes do atrativo turístico. Dessa forma, não se deve apenas fazer uma relação entre o quantitativo de visitantes com a área disponível, mas é preciso fazer um dimensionamento do número de turistas em relação à oferta de serviços, especialmente em relação aos meios de hospedagem (GOMES; LOMBA, 2014).

O Estudo da Capacidade de Suporte e Indicadores de Sustentabilidade de Fernando de Noronha - ECS foi finalizado em 2009 e deu-se início com a participação da comunidade fixa da ilha a elaboração do Programa de Sustentabilidade para 20 anos seguintes, intitulado Noronha +20. O ECS tornou evidentes as áreas de conflito, apontando a incompatibilidade com o zoneamento deliberado na elaboração do Plano de Manejo, o que foi confirmado durante as Oficinas do Noronha +20 (ICMBIO, 2017), onde se percebeu a necessidade da revisão do Plano de Manejo. Dessa forma, em 2017, foi publicado o Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha, elaborado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO.

### **A Importância de Infraestrutura para a Capacidade Suporte de Áreas Insulares**

A contagem populacional do Censo do IBGE de 2010 apontou uma população atual de 2.630 e estimativa para 2018 de 3.021 pessoas residentes em Fernando de Noronha, número inferior ao calculado pela Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha - ADEFN, cujo recadastramento de moradores fixos e flutuantes, na época, somou 3.456 pessoas. Número abaixo também do que foi estabelecido no Plano de Manejo que considerou, em 2004, uma população de 3.327. A diferença é explicada pelo fato do IBGE não contabilizar moradores que não estejam atualmente convivendo na Ilha. Se for analisada uma média de 750 turistas por dia, e uma mão de obra temporária de aproximadamente de 536 pessoas, para suporte de 4.000 a 4.250 pessoas por dia. Se forem consideradas as entradas esporádicas de turistas de navio, a população, em períodos recorrentes, chega próximo a um universo de 5.000 mil pessoas.

Segundo o IBGE, a ilha apresenta 82.7% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 9.1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio e 95% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização.

A Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA (2007), estima que a demanda hídrica da ilha é de 864m<sup>3</sup>/dia. Este tomou por base numa população de 4.000 mil habitantes, com consumo per capita de 180l/dia, acrescido 20% referente ao coeficiente de majoração. Para tanto se faz necessário vazão de 36m<sup>3</sup>/h.

De acordo com o Plano de Manejo, a densidade populacional da Ilha dentro dos limites da APA de 8 km<sup>2</sup> é de 290,1hab/ km<sup>2</sup>. Considerando-se somente as zonas autorizadas para residência e visitas dentro da APA, pode chegar em 1.000 hab/km<sup>2</sup>. O Plano de Gestão de Ecoturismo e Desenvolvimento Sustentável (MRS, 2000) identifica áreas possíveis de crescimento: 142 ha, sendo 92 ha para áreas com entrada a redes, aceitando-se uma densidade de 70 hab/ha e os 50 ha remanescentes uma densidade para uso rural. Indica a ampliação de 30% na infraestrutura para garantir o acréscimo da população.

O Plano também indica uma densidade de 70 hab/ha, porém alerta para indicadores de estrangulamento da rede de esgoto e os impactos do sistema usado.

### **Pegada Hídrica**

O conceito de pegada hídrica (PH) foi introduzido por Hoekstra (2002) com o propósito de ilustrar as relações pouco conhecidas entre o consumo humano e o uso da água,

tal como entre o comércio global e a gestão de recursos hídricos. As definições de cada tipo de pegada com base no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica da WFN (2010):

PH Azul: é um indicador de consumo de água doce de superfície (rios, lagos e reservatórios) ou subterrânea (lençóis freáticos).

PH Verde: representa o consumo de água proveniente de chuvas, sendo particularmente relevante na produção de alimentos.

PH Cinza: refere-se ao volume de água necessária para diluir os contaminantes presentes em um efluente até o ponto em que a qualidade ambiental da água atinja níveis aceitáveis, de acordo com as definições das normas de qualidade estabelecidas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Capacidade Carga Física Turística

A Capacidade de Carga Física (CCF), fornece a faixa limite máxima de visitantes que um ambiente litorâneo pode receber, considerando-se 1m<sup>2</sup> por pessoa, bem como o tempo de visita e o tempo real que é necessário para que o turista possa visitar o sítio (CIFUENTES, 1992). Sendo expresso pela fórmula:  $CCF = (ST/SV) \times (TT/TV)$

Tal que: ST – Superfície Total da Área; SV – Superfície Ocupada pelo Visitante; TT – Tempo Total Diário de Abertura da Área de Visitação; TV – Tempo Requerido para uma Visita.

### Cálculo CCF FN

Área Total do Arquipélago: 17.017 m<sup>2</sup>; ST APA: 5,1 m<sup>2</sup> – 30%; ST PANAMAR: 11,91 – 70%; SV- N° de turista/dia (ECS): 450 – (3hab por m<sup>2</sup>) ~ 150 m<sup>2</sup>; TT: 08:00 às 20:50h – 7,5h – 0,3 dia; TV: 08:00 às 20:50h – 7,5h – 0,3 dia;  $CCF = (ST/SV) \times (TT/TV)$ : 555,43 Geral - 166,46 APA-388,74 PANAMAR [Autores (2019), Magno (1999); ECS (2007) - adaptado ].

### Estudo e determinação da Capacidade Suporte e Seus Indicadores de Sustentabilidade

A quantidade anual de turistas permitida pelo ICMBIO é admitida pela multiplicação do limite diário pelos dias do ano (246 pessoas x 365 dias), que totaliza 89.790. No entanto considerando a instrução normativa n° 02/2007, que altera o item 1 da normativa n°1/2000, o fluxo turístico anual pode chegar 108.000 pessoas/ano. Sendo assim, deve-se considerar a entrada de 18.720 pessoas, devido o produto de 156 voos com até 120 pessoas (156x120= 18.720 + 89790 = 108.510 turistas / ano) (MPF,2018).

### Pegada Hídrica de Fernando de Noronha

Foram estimados os efluentes residuais conforme o setor avaliado. Para do setor residencial, utilizou-se 10% de PH Azul, que é o volume estabelecido para atividades domésticas, de acordo com FAO e WFN. No comercial, foi utilizado o número de cidadãos da ilha com carteira assinada empregados no ano do último censo do IBGE. Já para o setor público, foi calculado o volume de água consumido por funcionário através de comparação e pesquisas de dados estatísticos coletados pela equipe do Projeto Pegadas de Cidades (2008).

A quantificação da PH foi realizada conforme os padrões globais preconizados no Manual de Avaliação da PH (WFN, 2010), apresentadas abaixo:

- (1)  $PH_{Total} = PH_{Azul} (2) + PH_{Cinza} + PH_{Verde} + PH_{Indireta}$
- (2)  $PH_{Azul} = Evaporação + Incorporação + FluxodeRetornodeÁguaPerdida$
- (3)  $PH_{Cinza} = ((Efl * Conc_{efl}) - (Afl * Conc_{af})) / (Conc_{Max} - Conc_{Nat})$
- (4)  $PH_{Verde} = ET + Inc$

Onde:

Afl: Afluente; Efl: Efluente; Conc: Concentração; Max: Máxima; Nat: Natural; Cp: Quantidade de produtos; PHProd: Pegada Hídrica equivalente do produto; ET: evapotranspiração; e Inc: incorporação de água em uma planta.

### **Informações Primárias do Balanço Hídrico**

Foram coletada as informações primárias do produto do balanço hídrico utilizados para o cálculo da PH de acordo com o tipo de pegada e compiladas da seguinte forma:

#### **Informações balanço hídrico para cálculo da PH Azul FN**

PH AZUL 10% - Setor Residencial, comercial e público Volume de Água Faturada – Afluente (m<sup>3</sup>) – 864 m<sup>3</sup>/dia : 315.360; Volume de Água do Efluente (m<sup>3</sup>) – 82,7% domicílios com esgotamento sanitário : 55.557,28 m<sup>3</sup>.

#### **Informações dos parâmetros utilizados para cálculo da PH Cinza FN**

PH CINZA - Parâmetros de Qualidade (mg/L) - Setor residencial, comercial e público  
 $PH_{Cinza} = ((Efl * Conc_{efl}) - (Afl * Conc_{afl})) / (Conc_{Max} - Conc_{Nat}) : 2.492.834,728 m^3$ .

#### **Informações dos parâmetros utilizados para cálculo da PH Verde FN**

PH Verde FN (m<sup>3</sup>) - Domicílios urbanos em vias públicas com arborização (95%) ; Produtividade Agrícola (0%) - 681,311 m<sup>3</sup>.

**Pegada hídrica de Fernando de Noronha:**  $\Sigma PH_{azul+verde+cinza} = 2.499.071,767 m^3$ .

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No cálculo da Capacidade de Carga Turística em relação à infraestrutura foi observado a Capacidade de Carga Física foi de 555,43 para a ilha, 166,46 para APA e 388,74 para o PANAMAR. Já a o Estudo da Capacidade Suporte de Fernando de Noronha é de 246/dia, totalizando 89.790.

A Pegada Hídrica Direta Total da Ilha de Fernando de Noronha foi de 2.499.071,767 m<sup>3</sup>. A análise por tipo de Pegada indica que 99,75% deve-se à PH Cinza, 0,22% à PH Azul e 0,027% à PH Verde. Com esse diagnóstico em mãos, identifica-se que para reduzir a PH da cidade, é necessário que se invista em medidas para a redução, principalmente, da PH Cinza.

Sob essa ótica, a pesquisa identificou uma carência na infraestrutura hídrica de FN para atender a população fixa e flutuante da ilha. Conclui-se que a análise do PH representa uma condição prévia para que ocorra o devido aproveitamento dos recursos hídricos do ambiente insular, no qual se atingirá o equilíbrio entre o ambiente antropizado e o ambiente natural.

**Palavras-chave:** Ambientes Insulares; Capacidade Suporte, Pegada Hídrica, Saneamento.

### **REFERÊNCIAS**

ADEFN. Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. Fluxo de turistas no arquipélago de Fernando de Noronha. Instrução Normativa nº 01. Pernambuco, Fernando de Noronha. 2000.

ADEFN. Administração do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. Fluxo de turistas no arquipélago de Fernando de Noronha. Instrução Normativa nº 02. Pernambuco, Fernando de Noronha. 2007.

Balmford, A.; Green, J.M.H.; Anderson, M.; Beresford, J.; Huang, C.; Naidoo, R.; Walpole, M.; Manica, A. Walk on the side: estimating the global magnitude of visits to protected areas. PLoS Biol, V.13, n. 2, p. 1-6, fev 2015.

Beni, M. C. Análise estrutural do turismo. 6. ed. São Paulo: SENAC, 2001.

Butler, R. The Concept of a Tourist Area of Life Cycle of Evolution: Implications for Management of Resources. *Canadian Geographer*, 19 (1): 5-12. 1998.

Carvalho, R. G. A.; Decol, F.; fruet, L. G.; Lanzer, R. M. Um estudo sobre as atividades turísticas em seis ilhas brasileiras. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*. São Paulo, 10, p. 173-188, jan. 2016.

Cifuentes, M. Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas. Serie Técnica. Informe Técnico nº 194. Turrialba: Catie. 1992.

COMPESA. Companhia Pernambucana de Saneamento. Abastecimento Fernando de Noronha. 2007. Disponível em: <<https://servicos.compesa.com.br/modernizacao-dos-dessalinizadores-abastecimento-de-agua-em-fernando-de-noronha>> Acesso em 20 set. 2019.

Feng, K.; Siu, Y. L.; Guan, D.; Hubacek, K. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. *Applied Geography*, v.32, p.691-701, 2011.

Gomes, L.; Lomba, D. Estudo de capacidade de carga turística como ferramenta para o planejamento territorial do turismo no município de Saubara-Ba. *Planejamento Urbano e Gestão de Cidades*, UNIFACS. Salvador. 2014.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Estudo e de terminação da capacidade de suporte e indicadores de sustentabilidade do arquipélago de Fernando de Noronha. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>. Acesso em: 28 de out 2019.

INGLIS, G. J.; HAYDEN, B. J.; ROSS, A. H. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayment for mussel culture. 2000. Disponível em: <http://govdocs.aquaculture.org/cgi/reprint/2004>. Acesso em: 20 de set de 2019.

MPF. Ministério Público Federal. Nota Técnica sobre a expansão da ocupação huma e capacidade de suporte para turismo da APA Fernando de Noronha. Nota Técnica nº 02/2018. Pernambuco, Fernando de Noronha. 2018.

Oel, P. R. V; Hoekstra, A. Y. Towards quantification of the water footprint of paper: A first estimate of its consumptive component. *Water Resource Management*, v.11, p.9942- 9949, 2012.

OMT- Organização Mundial do Turismo. *Tourism in Small Island Developing States (SIDS): building a more sustainable future for the people of Islands*. 2014. Disponível em: <http://www2.unwto.org> . Acessado em 31 out. 2019.

Vicente, P. R. S.; Danilo O. A.; José D. N.; Kettrin F. B. M.; Lincoln E. A. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFCEG , v.17, n.1, p.100–105, 2013.

Yu, Y.; Hubacek, K.; Feng, K. Guan, D. Assessing regional and global water footprints for the UK. *Ecological Economics*, v.69, p.1140-1147, 2010.

WFN. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. Disponível em: <http://ayhoekstra./pubs/Hoekstra-et-al2013manualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>>. Acesso em 31 out. 2019.