O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray

The geodiversity valuation system, with focus on ecosystem services *sensu* Murray Gray

Matheus Lisboa Nobre da Silva[I], Marcos Antonio Leite do Nascimento[II]

[I]Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

[II]Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

Resumo: Geodiversidade representa a variedade dos elementos abióticos presentes na natureza, compreendendo também as suas assembleias e os seus processos. Toda essa diversidade natural precisa ser protegida, com o consumo feito da forma mais sustentável possível, assim como já é pensado para a biodiversidade. Podem-se identificar valores para a geodiversidade capazes de embasar o processo de conservação dos recursos abióticos. O sistema aqui apresentado foi definido pelo geógrafo Murray Gray, por meio da concepção de um valor intrínseco, cinco serviços (regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento) e 25 bens e processos. Esse novo modelo *sensu* Murray Gray, baseado na definição do ecossistema abiótico, é apresentado como um sistema de valoração qualitativa da geodiversidade, possível de ser aplicado em estudos no Brasil. É exemplificada aqui a aplicação deste sistema na identificação da geodiversidade na cidade do Natal, no Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, formada geologicamente por coberturas cenozoicas, mas que possui vasta diversidade abiótica nas paisagens e uso de materiais pétreos em monumentos e edificações históricas. Assim, propõe-se aqui a atualização dos sistemas avaliativos da diversidade abiótica no país, de forma a promover maior diálogo entre os estudos da diversidade natural do planeta.

Palavras-chave: Geodiversidade. Valoração. Serviços. Ecossistema.

Abstract: Geodiversity is the variety of abiotic elements present in nature, including its assembly and processes. All natural diversity needs to be preserved and have its consumption made sustainable, as is already accepted for biodiversity. It's possible to identify values of geodiversity that can support the conservation of abiotic resources process. The system here presented was introduced by the geographer Murray Gray, through the conception one intrinsic value, five services (regulation, support, provision, cultural, and knowledge) and 25 goods and processes. This new model *sensu* Murray Gray, based on the abiotic ecosystem definition, is presented as an example of a qualitative evaluation system of geodiversity that can be applied to studies in Brazil. It's exemplified here the application of this system on the identification of geodiversity in Natal, Rio Grande do Norte , northeastern Brazil, geologically formed by cenozoic covertures, but with a wide range of abiotic diversity on its landscapes and in the use of stone in historical monuments and buildings. Therefore, it is proposed here to update the evaluation system of abiotic diversity in the country, in order to promote greater dialogue between the studies of the natural diversity of the planet.

Keywords: Geodiversity. Valuation. Services. Ecosystem.

SILVA, M. L. N. & M. A. L. NASCIMENTO, 2019. O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 14(1): 79-90.
Autor para correspondência: Matheus Lisboa Nobre da Silva. Rua Aníbal Correia, 3271 – Candelária. Natal, RN, Brasil. CEP 59064-340 (nobre.mt@gmail.com).
Recebido em 18/04/2017
Aprovado em 05/09/2018
Responsabilidade editorial: Fernando da Silva Carvalho Filho

INTRODUÇÃO

Os estudos da geodiversidade são desenvolvidos em todo o mundo há quase três décadas, colaborando com a divulgação das ciências da Terra entre a sociedade, pois este conceito consegue dialogar com o público leigo de forma mais simplificada, direta, capturando a atenção. Sabe-se, hoje, que tão importante quanto conhecer a diversidade de elementos bióticos do planeta (biodiversidade) é saber onde vivem, se reproduzem e se desenvolvem todos os seres vivos. Dentro do processo de identificação dos locais em que os elementos abióticos ocorrem de forma mais intensa e com maior significância está o desenvolvimento de ações que agreguem valor a tais ocorrências.

Um dos principais enfoques da aplicação dos conceitos da geodiversidade é a conservação da natureza em suas características abióticas, de forma a promover consumo sustentável dos recursos naturais (Nascimento *et al.*, 2008). Uma vez que as ações de proteção ao meio ambiente estão vinculadas à definição de valores que hierarquizem os lugares de maior necessidade de proteção, os locais em que a geodiversidade está presente também precisam ter valores definidos pelas pessoas que trabalham com tal enfoque.

A conservação dos recursos abióticos do planeta é fundamental, visto que a geodiversidade contém informações sobre o passado e o presente da Terra, também possibilitando, por meio das análises de inter-relações ambientais naturais ou com viés na ação antrópica, interpretações sobre o estado futuro de um ambiente localizado. A conservação da geodiversidade recebe uma terminologia própria, a geoconservação (Burek & Prosser, 2008).

Todas as atividades que visam à geoconservação devem envolver a sociedade por meio da educação, da cultura, do turismo e da economia. Essas ações de divulgação e de proteção da geodiversidade podem ser desenvolvidas para as regiões que possuem elementos *in situ* (elementos da geodiversidade que ocorrem no local de formação) ou *ex situ* (elementos da geodiversidade que são transferidos de seu local de formação para outro), mas devem sempre focar na proteção do patrimônio geológico (porção da geodiversidade que apresenta valor patrimonial, superlativo), na tradução do conhecimento geológico para a sociedade e no envolvimento desta sociedade na geoconservação (Brilha, 2005).

A criação de parâmetros de valoração qualitativa e quantitativa, que podem embasar as ações de conservação da geodiversidade, está presente em diversos trabalhos da literatura, a exemplo de Rivas *et al.* (1997), Brilha (2005, 2016), Myall *et al.* (2011), Nikitina (2012) e Gordon & Barron (2012). Pereira (2010) faz uma retrospectiva histórica do desenvolvimento dessas metodologias e apresenta os principais parâmetros observados no processo de valoração.

Entretanto, um dos sistemas mais empregados é o que foi apresentado por Gray (2004), criando valores e subvalores de acordo com a função principal do elemento abiótico para o meio ambiente ou para o ser humano, sua cultura e sua economia.

Mais recentemente, a publicação de Gray (2013) atualizou este sistema para definir o que ele chamou de serviços ecossistêmicos da geodiversidade como uma forma de estender as definições anteriormente feitas para a biodiversidade e integrá-las com a geodiversidade (meio abiótico).

O objetivo principal deste trabalho é a apresentação e a atualização do sistema de valoração *sensu* Murray Gray, permitindo que pesquisadores, sobretudo brasileiros, passem a valorar a geodiversidade a partir do conceito de serviços ecossistêmicos da diversidade abiótica. Assim, a pesquisa baseia-se em uma extensa revisão bibliográfica da temática e aplica a metodologia, de forma simplificada e como exemplificação, na avaliação da geodiversidade da cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Natal está localizada no Nordeste do Brasil, em sua faixa litorânea leste, que é compreendida por Almeida *et al*. (1977) como componente do segmento meridional da

Província Costeira, representada por rochas sedimentares de idade cretácea, cobertas por rochas do Grupo Barreiras e por depósitos sedimentares, aluvionares e litorâneos praiais.

Córdoba *et al.* (2007) identificam a região em que se encontra a cidade como correlata à bacia Pernambuco-Paraíba, bacia do tipo rifte, subdividida em duas supersequências, uma rifte e outra drifte, cuja formação está associada ao evento de rifteamento do Atlântico Sul, que culminou com a abertura final do oceano Atlântico e separação dos continentes africano e sul-americano, ainda no processo de ruptura do supercontinente Gondwana, no final do Aptiano.

Além da diversidade de paisagens, compostas por praias, dunas, falésias, rios, manguezais e lagoas (Silva, 2016), existem diversos registros de usos dos recursos da geodiversidade, sobretudo de rochas em monumentos e em edifícios, históricos e recentes, e nas primeiras ruas da cidade.

Observa-se o uso de rochas sedimentares, como arenitos calcíferos e ferruginosos, ígneas, especialmente granitos retirados da cidade vizinha, Macaíba, no Rio Grande do Norte, distante 20 km da capital, a sudoeste dela, e metamórficas, como os mármores correlatos à Formação Jucurutu. Ao longo de toda a história da cidade, que perpassa mais de 400 anos, a geodiversidade mostra-se sempre presente, desde os primórdios da cartografia local.

Desde o começo da história da cidade já se percebia a importância da presença dos arrecifes de arenito como um componente da paisagem local. Mapas que retratam a época da ocupação holandesa, quando Natal passou a se chamar Nova Amsterdã e o Forte dos Reis Magos foi renomeado para *Fort Ceulen* (Souza, 2008), mostram e identificam os proeminentes arrecifes na região da praia do Forte, na desembocadura do, atualmente chamado, rio Potengi (Figura 1).

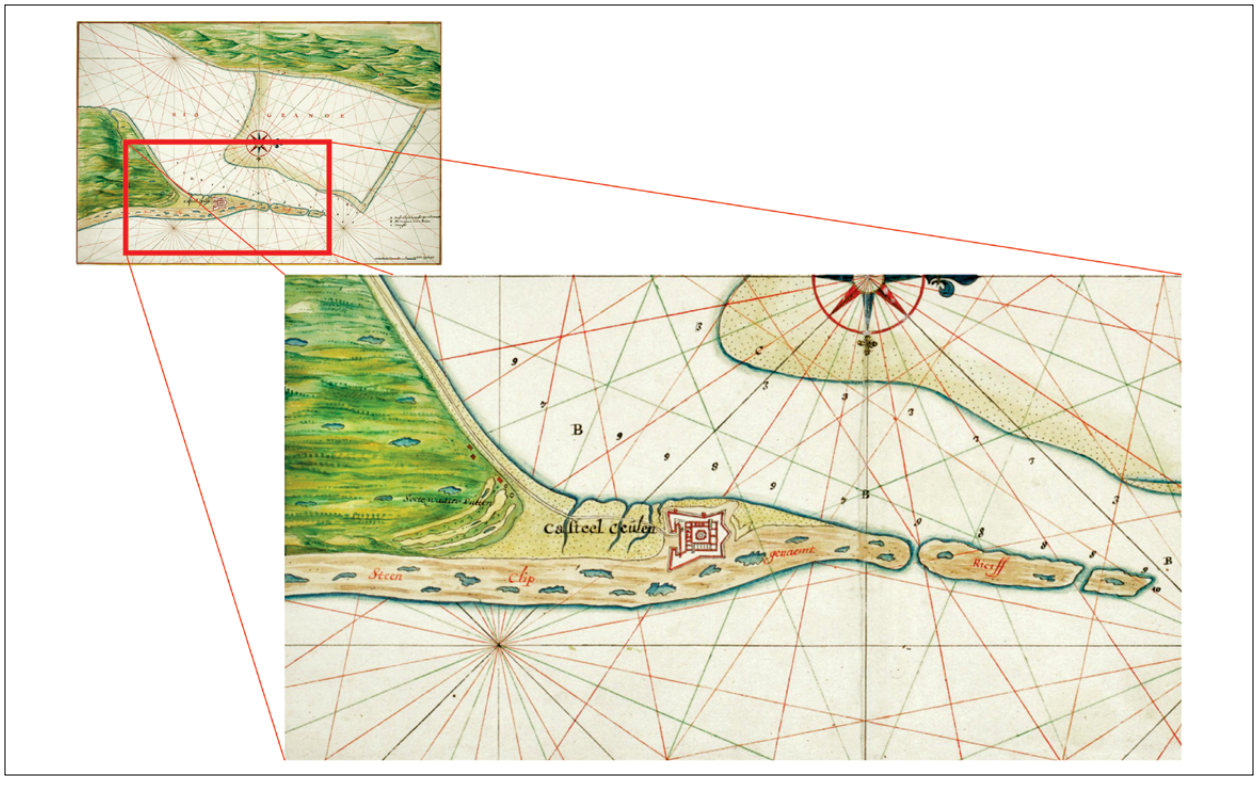

Figura 1. Mapa de Johannes Vingboons, datado de 1665, mostrando o *Fort Ceulen* e os arenitos praiais da praia do Forte. Em holandês, está escrito "*steen clip genaemt riciff*", cuja tradução é "corpo de pedra chamado recife". Fonte: Colonial Voyage (s. d.).

METODOLOGIA

O caráter principal deste trabalho é de revisão bibliográfica sobre a temática de valoração dos elementos abióticos da natureza, ou de geodiversidade, a partir da concepção dos serviços ecossistêmicos, termo bem estruturado nas ciências biológicas e que pode dialogar com toda a diversidade natural do planeta, de forma a gerar valoração ampla dos recursos naturais.

As pesquisas que resultaram na realização deste trabalho foram baseadas em um recorte bibliográfico sobre as definições epistemológicas da geodiversidade, de serviços ecossistêmicos, assim como sobre a definição de valores dos recursos abióticos, sob a visão de Murray Gray, um dos primeiros autores a tratar da valoração da geodiversidade.

Teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, capítulos de livros, artigos em periódicos e artigos em revistas correntes foram obtidos nas plataformas *Google Scholar*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD-IBICT), compreendendo as principais bases consultadas.

Como modelo de avaliação da geodiversidade, segundo o conceito de serviços ecossistêmicos, utilizou-se a definição de Gray (2013), que conceitua um valor, cinco serviços e 25 bens e processos da geodiversidade. A aplicabilidade foi testada em um trabalho de campo realizado na cidade do Natal, em que foram tomados dois exemplos *in situ* e dois exemplos *ex situ*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A GEODIVERSIDADE

A geodiversidade é representada por todos os elementos abióticos que constituem o planeta Terra, compreendendo minerais, rochas, fósseis, solos, água, paisagens, entre outros. Por se tratar de um termo recente, utilizado apenas a partir da década de 1990, a geodiversidade ainda é pouco conhecida do grande público leigo, mas vem sendo pesquisada em todo o planeta, principalmente por geólogos e geógrafos interessados na área (Gray, 2004).

Com o maior desenvolvimento da literatura sobre a geodiversidade e o entendimento sobre a importância dos seus elementos na construção das paisagens, novos conceitos foram adicionados, indicando também os processos hidrológicos e hidrogeológicos como componentes da diversidade abiótica do planeta. Assim, Gray (2013) também atualizou seu entendimento, definindo, agora, geodiversidade como a variedade natural (diversidade) de elementos geológicos (rochas, minerais e fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, topografia e processos físicos), do solo e hidrológicos. Isso inclui assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens.

Esse entendimento parece ser generalizado pelos autores especializados, sendo tomado neste trabalho como conceito fundamental, a exemplo das publicações de Hjort *et al*. (2015), Brilha (2016) e Carvalhido *et al*. (2016).

Apesar de ser um conceito relativamente novo, os recursos da geodiversidade estão presentes em toda a dimensão do planeta, tendo, ao longo da história, importância no desenvolvimento da biodiversidade, incluindo-se – neste caso, até mesmo do ser humano – as civilizações, as sociedades e as comunidades ao redor do mundo (Brilha, 2005; Galopim de Carvalho, 2007). Tem-se, assim, a relação da vida humana com a geodiversidade, uma vez que as condições físicas dos terrenos foram, e ainda são, fundamentais para o estabelecimento das cidades, unidade macro das sociedades modernas.

A geodiversidade também possui um paralelo com a biodiversidade, uma vez que a biota do planeta depende de condições abióticas indispensáveis para seu estabelecimento e desenvolvimento. É possível afirmar, portanto, que a biodiversidade está condicionada aos processos abióticos vigentes (Brilha, 2005).

A idade da Terra é também a idade de desenvolvimento da geodiversidade, tendo épocas de fundamental importância, como o início da formação da crosta, com o resfriamento da Terra, há 4 Ga, dos rios primórdios, há 3,8 Ga, a formação

dos crátons, há 2,7 Ga, ou mesmo as mudanças mais recentes estabelecidas no Quaternário (Gray, 2013).

Enquanto isso, a biodiversidade experimentou, ao longo do tempo geológico, diversos momentos de evolução e de extinção, com registros significantes de organismos multicelulares no início do Proterozoico, sendo sua expansão mais proeminente, entretanto, iniciada apenas há 600 milhões de anos. A Figura 2 mostra um comparativo de evoluções da biodiversidade com a da geodiversidade.

Medeiros *et al.* (2013, p. 806), a partir de análises da terminologia da geodiversidade em si, afirmam que "[...] a Terra é um organismo vivo que se caracteriza pelas inúmeras alterações sofridas ao longo de vários anos em uma escala geológica de tempo". Essas alterações estão ligadas aos diversos processos ocorrentes na superfície e no interior terrestre, que acabaram refletindo no desenvolvimento até dos seres vivos e de suas condições de vida, do *habitat* e da reprodução.

Os estudos da geodiversidade são fundamentais nas pesquisas sobre a constante dinâmica dos parâmetros de mudanças climáticas globais, funcionando como ponte entre as alterações já ocorridas ao longo do tempo geológico e as que estão em curso atualmente.

VALORAÇÃO DA GEODIVERSIDADE

O processo de inventariação da geodiversidade de um lugar precisa, como indica Brilha (2005), que os valores e o interesse que o local possa despertar, por suas características abióticas, fundamentem a sua necessidade de conservação.

Carvalhido *et al.* (2016) mostram que as estratégias ideais de geoconservação devem ser implementadas pelo poder público, em suas diferentes esferas, de forma a colaborar com as atividades de gestão dos recursos naturais, com ações que também possam incentivar a economia, por meio do viés turístico, por exemplo.

Como o ser humano precisa explorar os bens naturais para sobreviver e prover desenvolvimento, é impraticável que todo e qualquer elemento seja conservado. Disso tem-se que as atividades de conservação passam por um processo de escolha de locais excepcionais em que possam ser empregadas ações de preservação ou de consumo sustentável (conservação), e esse processo se dá a partir da definição de valores para o ecossistema. Essa premissa é válida para a proteção de todos os recursos da natureza, sejam eles bióticos ou abióticos. Ou seja, é válida para a proteção da biodiversidade e da geodiversidade.

A definição de valores da geodiversidade de um lugar, ou valoração, começou a ser pensada no final da década de 1990 e começo dos anos 2000. Diversos autores versaram sobre métodos e parâmetros para valorar os locais de geodiversidade no planeta. Gray (2004), por exemplo, trabalhava com a definição de seis valores e 32 subvalores, baseando-se em pesquisas anteriores que determinavam valores para a natureza, mas que omitiam o papel importante do meio físico.

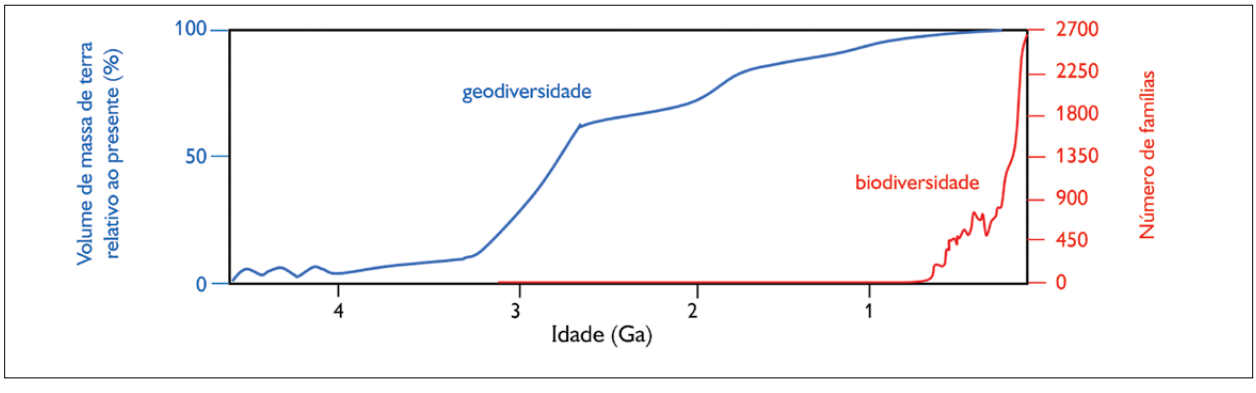

Figura 2. Comparativo teórico da evolução da biodiversidade (linha vermelha) com a da geodiversidade (linha azul). A rápida expansão da geodiversidade em 3 Ga está relacionada com o desenvolvimento da crosta continental. Modificado de Gray (2013).

A proposta de valores para a geodiversidade apresentada por Gray (2004) é muito utilizada em todo o mundo, com exemplos no Brasil nos trabalhos de Pereira (2010) e de Mochiutti *et al*. (2011, 2012). Contudo, uma nova abordagem baseada nos serviços do ecossistema tem sido empregada na conservação da natureza ao longo da última década.

Essa definição parte da concepção dos serviços do ecossistema, amplamente empregada no processo de valoração dos recursos da biota do planeta, mas que apenas recentemente tem sido aplicada no entendimento e na interpretação dos valores que a geodiversidade possui.

OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA GEODIVERSIDADE

Fisher *et al*. (2009, p. 645) definem serviços do ecossistema como os "aspectos do ecossistema utilizados (ativamente ou passivamente) para produzir o bem-estar humano".

Esses mesmos autores mostram que a classificação mais utilizada para os serviços do ecossistema foi criada pela *Millenium Ecosystem Assessment* (Avaliação Ecossistêmica do Milênio, em português), que divide os serviços nas categorias de provisão, regulação, culturais e de suporte.

A *Millenium Ecosystem Assessment* (MA) foi uma ação interinstitucional que reuniu mais de 1.300 cientistas de todo o mundo para analisar, entre os anos de 2001 e 2005, as "[...] consequências das mudanças no ecossistema para o bem-estar humano e estabeleceu bases científicas para as ações necessárias de conservação e uso sustentável dos ecossistemas" (Hassan *et al.*, 2005, p. 26).

Entretanto, essa mesma ação define ecossistema como: "[...] um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e a interação com o ambiente não vivo" (Hassan *et al.*, 2005, p. 27). Ou seja, houve pouca preocupação com o meio abiótico, que também constitui importante componente dos ecossistemas, sendo aquele que fornece, por exemplo, *habitat* para todos os seres vivos do planeta.

Da mesma forma, a geodiversidade, apesar de que à época já constituía um termo em amplo desenvolvimento na ciência, não fora citada em nenhum dos cinco volumes produzidos, como também não consta dos glossários das publicações (Gray, 2013). Assim, ao mesmo tempo em que utiliza o planeta Terra em forma de casa como logomarca oficial, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio deixou de avaliar o *habitat*, a casa de todos, que é a geodiversidade do planeta.

Atualmente, de forma atenta às constantes mudanças no entendimento sobre a Terra, suas espécies e interações, a comunidade científica compreende melhor a importância do ambiente abiótico para o estabelecimento, a manutenção e o desenvolvimento da vida. Ellis (2014) indica, então, que ecossistema inclui os organismos vivos, a matéria orgânica morta produzida por eles, assim como o ambiente abiótico no qual os organismos vivem e trocam elementos (solos, água e atmosfera) e as interações entre esses componentes.

Hjort *et al.* (2015) mostram que a importância da geodiversidade para os serviços ecossistêmicos se dá não somente porque o meio abiótico é o *habitat* dos seres bióticos, mas também porque é responsável pela disponibilização de água doce, pela manutenção da qualidade da água e do ar, pela formação dos solos e pela reciclagem de nutrientes para a produção de comida. Além disso, muitos bens considerados não renováveis, mas de fundamental importância para a vida humana e de muitos seres vivos, também são produtos da geodiversidade, como minerais, agregados e combustíveis fósseis.

As discussões sobre a aplicabilidade dos serviços ecossistêmicos nos estudos da geodiversidade estabeleceram-se, então, durante a última década, estando alguns pontos pendentes de esclarecimento e de conclusão na literatura especializada. Alguns autores, porém, já sinalizaram com adequações para englobar o meio abiótico na caracterização dos serviços, tornando-os mais abrangentes na avaliação dos ecossistemas locais e globais.

Gray (2013), seguindo esse pensamento, atualizou sua definição de valores para a geodiversidade com enfoque nos serviços do ecossistema abiótico, a partir dos serviços do ecossistema definidos pela MA, mesmo tecendo críticas

ao modelo apresentado e indicando que uma terminologia mais aprofundada, como 'serviços naturais', 'serviços ambientais' ou 'serviços do sistema Terra', seria mais adequada para que todos os componentes da natureza, bióticos e abióticos, estivessem integrados nas avaliações a serem feitas.

Assim, tem-se que a classificação atual do autor define um valor maior, chamado de intrínseco, cinco serviços, de provisão, regulação, culturais, suporte e de conhecimento. Vinte e cinco bens e processos derivados da geodiversidade são relacionados por ele a esses serviços.

Valor intrínseco

Também conhecido como valor de existência, representa uma caracterização ética e filosófica da geodiversidade: "[...] algumas coisas são de valor simplesmente pelo que elas são, mais do que pela finalidade que elas podem ter para o ser humano" (Gray, 2013, p. 77). Esse valor é, em suma, o que toda a geodiversidade possui, uma vez que sua simples existência possibilita a relação da sociedade com a natureza, independente de qual relação é estabelecida entre esses atores.

Considerado um resultado da corrente ecocêntrica, que valoriza relações não extrativas nas interações antrópicas com o meio ambiente, o valor intrínseco é utilizado na literatura para caracterizar a diversidade de minerais, rochas, solos, rios etc.

Alguns autores o consideram como superficial e que não auxilia na hierarquização dos locais de geodiversidade. Outros afirmam que, uma vez que ética e crença variam entre as diversas sociedades, o valor intrínseco não existiria, a depender de qual corrente a comunidade local seguisse, uma vez que a natureza é endeusada por algumas culturas e subjugada por outras.

Entretanto, Gray (2013) coloca o valor intrínseco como um componente dos valores geocientíficos da diversidade abiótica do planeta, uma vez que está disponível para o ser humano avaliar e valorar. Assim, a geodiversidade tem um valor agregado a ela simplesmente porque existe.

Serviços de regulação

Os serviços de regulação da geodiversidade compreendem os processos que têm por finalidade o controle natural das condições ambientais, seja do ar, da água e dos solos. Controlam a disponibilização destes recursos, suas quantidade e qualidade.

Compreendem processos naturais, classificados por Gray (2013) como processos atmosféricos e oceânicos, processos terrestres, controle de inundação e de qualidade da água.

Serviços de suporte

Os serviços de suporte são aqueles nos quais a geodiversidade dispõe de recursos para o desenvolvimento de atividades do ser humano ou da própria natureza, e que dependam diretamente dos solos e das rochas para ser realizadas. Compreende a disponibilização de recursos para algumas atividades do ser humano e da biota do planeta.

Gray (2013) identifica os bens e os processos relacionados aos serviços de suporte em: processos do solo, disponibilização de *habitat*, plataforma, sepultamento e armazenamento.

Serviços de provisão

Este tipo de serviço da geodiversidade é responsável por disponibilizar bens materiais para as sociedades humanas, sendo o de mais fácil compreensão porque, na maioria dos casos, possui um valor monetário associado ao bem, que passa a ser tratado como produto.

Compreende sete bens e processos, classificados por Gray (2013) em: alimentação e bebida, nutrientes e minerais para crescimento saudável, combustíveis minerais, materiais de construção, minerais industriais e metálicos, gemas e fósseis.

Serviços culturais

Este tipo de serviço está associado com a relação da sociedade a algum aspecto abiótico do ambiente por seu significado social ou comunitário.

São tidos como processos e bens relacionados ao serviço cultural da geodiversidade os seguintes grupos, segundo Gray (2013): qualidade ambiental, geoturismo e

atividades de lazer, significado cultural, espiritual e histórico, inspiração artística e desenvolvimento social.

Serviços de conhecimento

Provavelmente, este é o tipo de serviço mais importante, sobretudo para as geociências. Estes serviços estão relacionados com propostas de utilização da natureza abiótica, como sala de aula e laboratório, sendo sua exploração puramente científica e educacional.

Gray (2013) classifica cinco expressões deste tipo de serviço: história da Terra, história da pesquisa, monitoramento ambiental, geoforense, educação e emprego.

EXEMPLIFICAÇÃO DE VALORAÇÃO

A cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte, é nitidamente emoldurada por elementos abióticos da natureza. Eles estão presentes em praias, recifes, falésias, dunas, manguezais, rios e lagoas. Foram também utilizados, ao longo da história, na construção dos edifícios e monumentos, nos primeiros arruamentos, feitos com blocos de arenitos ferruginosos retirados das paleofalésias. Portanto, é uma cidade em que a geodiversidade está presente de diversas formas, com variados elementos, além de ter uma relação direta e integrada com o cotidiano da urbanidade.

Como forma de exemplificar a metodologia de avaliação qualitativa da geodiversidade sob a ótica dos serviços ecossistêmicos, como define Gray (2013), avaliou-se alguns locais em que elementos da diversidade abiótica estão presentes na cidade do Natal, de forma *in situ* ou *ex situ*, como mostra-se a seguir.

Os arenitos praiais na região Litoral Central (Figura 3A) caracterizam os serviços de regulação (arenitos controlam a força da maré, evitando inundações), de suporte (sobre os arenitos foi construído, no século XVII, o Forte dos Reis Magos) e cultural (pois nesta região da cidade a população faz uso diariamente da praia enquanto elemento abiótico para seu lazer).

Datações em C^{14} (Oliveira *et al*., 1990) feitas nos arenitos colaboraram com o mapeamento do Holoceno na zona costeira, o que caracteriza um serviço de conhecimento. Os corpos dunares em Natal, como o Morro do Careca (Figura 3B), são símbolos naturais da cidade, onde são identificados os serviços de regulação (controle da qualidade da água no aquífero Barreiras através da filtragem das águas pluviais), de suporte (*habitat* para espécies vegetais e animais), cultural (reconhecimento da qualidade ambiental propiciada pela presença do elemento na paisagem) e de conhecimento.

O uso de elementos abióticos em construções, como blocos de rochas, agrega um serviço de provisão à geodiversidade, a exemplo das construções históricas em Natal, como a Igreja de Pedras da praia da Redinha (Figura 4A), onde blocos de arenitos ferruginosos correlatos à Formação Barreiras foram utilizados, e a Igreja de Santo

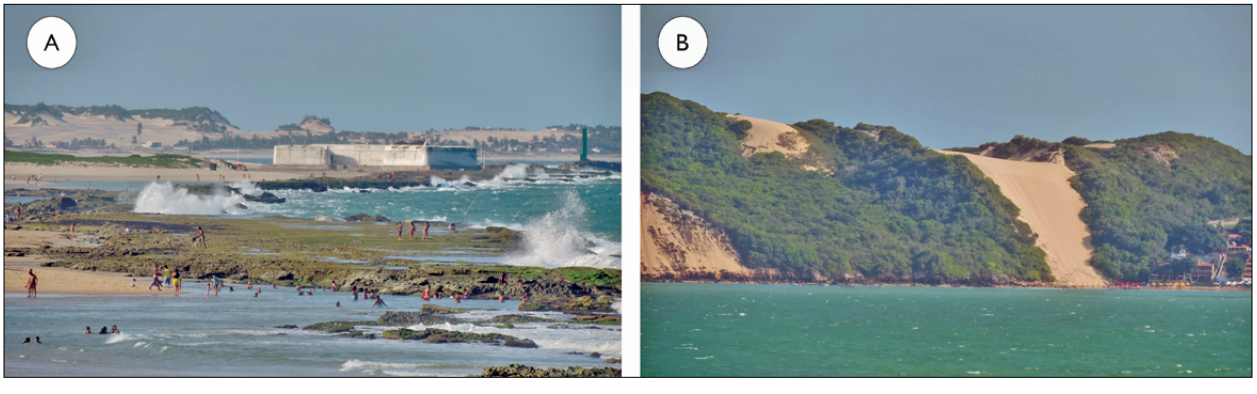

Figura 3. A) Região Litoral Central em Natal, Nordeste brasileiro, com presença de corpos de arenitos praiais, dunas frontais e linha de praia; B) Morro do Careca, duna parcialmente vegetada, um dos principais cartões postais da cidade. Fotos: Matheus Lisboa (2016).

Antônio (ou Igreja do Galo) (Figura 4B), onde blocos de arenitos calcíferos foram utilizados em trabalhos de cantaria.

A partir de todos os serviços ecossistêmicos descritos, assim como dos bens, dos processos e dos recursos a eles associados, Silva (2016) criou um esquema representativo para a nova concepção dos valores da geodiversidade, elucidada por Gray (2013). Este esquema está reproduzido na Figura 5.

A partir das definições de Gray (2013), é possível fazer uma comparação com o sistema de valores da geodiversidade, definido pelo autor em 2004, observando suas equivalências e não equivalências, como mostra a Tabela 1.

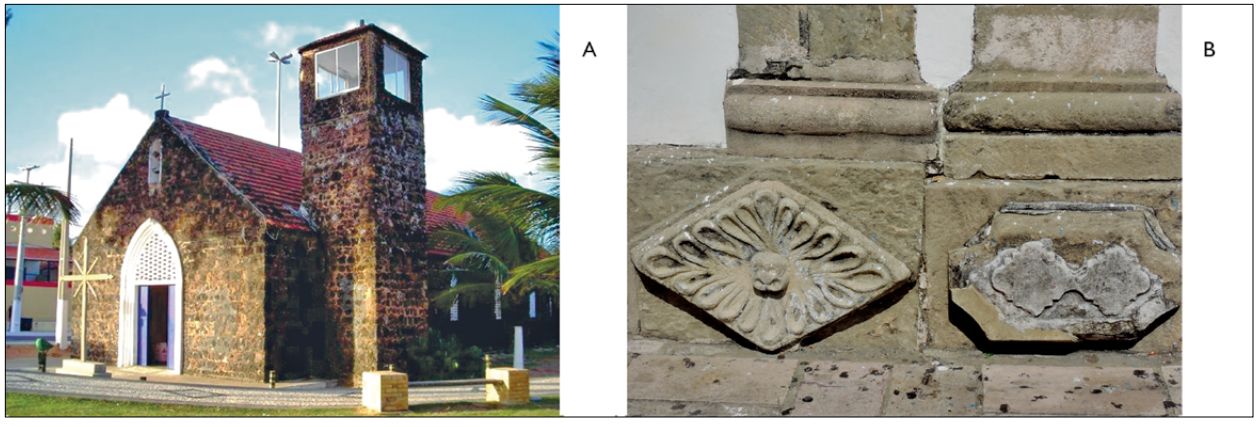

Figura 4. A) Igreja de Pedras da praia da Redinha; B) detalhe para trabalhos em cantaria com blocos de arenitos calcíferos na Igreja de Santo Antônio, centro histórico de Natal, Rio Grande do Norte. Fotos: Matheus Lisboa (A – 2010; B - 2016).

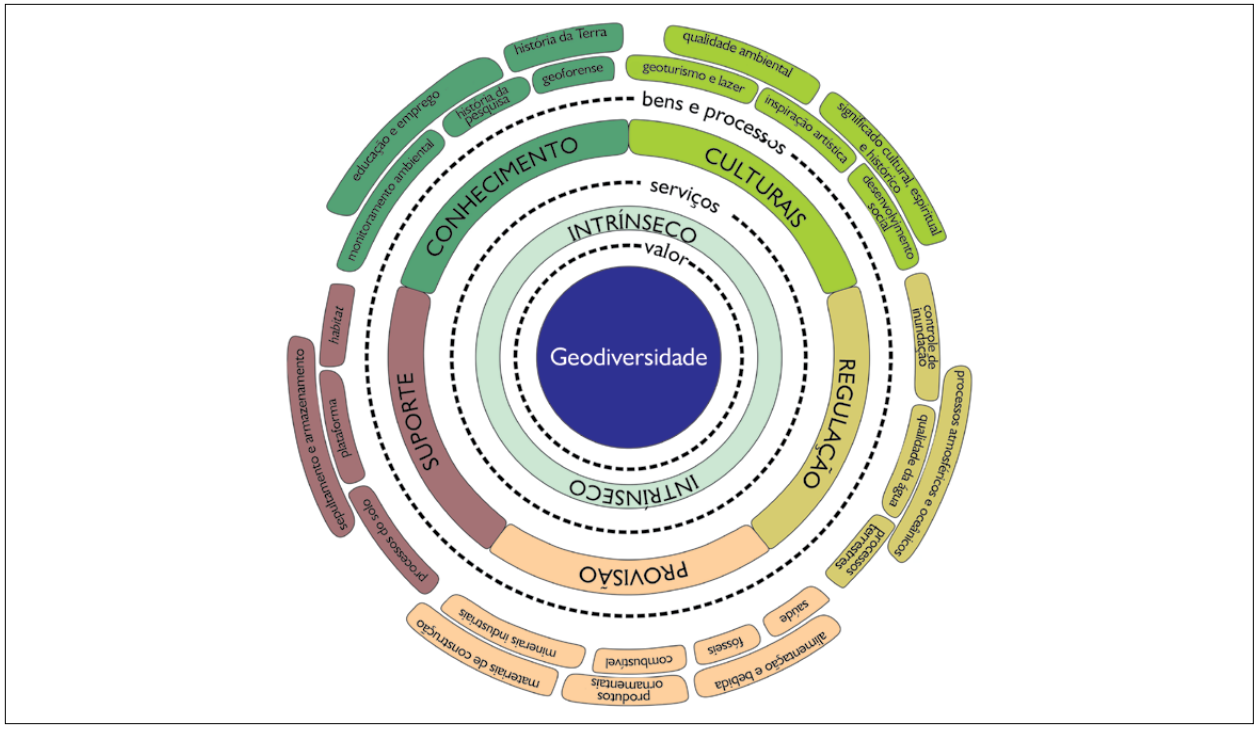

Figura 5. Classificação dos valores da geodiversidade segundo os serviços ecossistêmicos *sensu* Murray Gray. Fonte: Silva (2016).

Tabela 1. Relação entre os sistemas de valoração da geodiversidade *sensu* Murray Gray 2004 x 2013. Células pretas indicam que não há correspondência de um valor com um bem/processo e vice-versa. Fonte: Gray (2004, 2013).

Gray (2004)		Gray (2013)	
Valor intrínseco		Valor intrínseco	
Valores	Subvalores	Bens e processos	Serviços
Valor funcional		Controle de inundação	Serviço de regulação
	Controle da poluição		
	Química da água	Qualidade da água	
	Funções do geossistema	Processos terrestres	
	Funções do ecossistema		
		Processos atmosféricos e oceânicos	
	Plataforma	Plataforma	Serviço de suporte
		Habitat	
	Sepultamento	Sepultamento e armazenamento	
	Armazenamento e reciclagem		
	Funções do solo	Processos do solo	
	Saúde	Saúde	Serviço de provisão
Valor econômico	Minerais metálicos		
	Minerais para construção	Materiais de construção	
	Minerais industriais	Minerais industriais	
	Energia	Combustível	
	Fósseis	Fósseis	
	Solos		
	Gemas	Gemas	
		Alimentação e bebida	
Valor estético	Atividades voluntárias	Desenvolvimento social	Serviço cultural
	Apreciação remota		
	Atividades de lazer	Geoturismo e lazer	
	Geoturismo		
	Inspiração artística	Inspiração artística	
	Paisagens locais	Qualidade ambiental	
Valor cultural	Folclórico	Significado cultural, espiritual e histórico	
	Arqueológico-Histórico		
	Espiritual		
	Senso de lugar		
Valor científico e educativo	Descoberta científica		Serviço de conhecimento
	História da Terra	História da Terra	
	Educação e treinamento	Educação e emprego	
	História da pesquisa	História da pesquisa	
	Monitoramento ambiental	Monitoramento ambiental	
		Geoforense	

CONCLUSÕES

Quando se trata de valoração qualitativa da geodiversidade, as definições *sensu* Murray Gray são as mais utilizadas atualmente no país. Entretanto, poucos trabalhos lançam mão dos serviços ecossistêmicos da geodiversidade no processo de identificação do valor dos elementos abióticos, como elucidado em Gray (2013).

Este recente sistema mostra-se como uma alternativa de valoração para as ocorrências da geodiversidade e, no entendimento do trabalho aqui apresentado, pode ser aplicado para elementos *in situ* ou *ex situ*.

Além de trazer novas interpretações para a presença e para a importância da geodiversidade na manutenção do dinamismo natural no planeta, os serviços do ecossistema permitem um diálogo mais forte das ciências da Terra com os estudos da biodiversidade, visto que tais definições de valores naturais são aplicadas na valoração dos elementos bióticos há mais de uma década. Assim, permite uma aproximação ainda melhor com outras áreas do conhecimento, como Biologia, Ecologia, Engenharia Ambiental, Engenharia Agrícola, entre outras ciências ambientais.

Logo, os serviços ecossistêmicos da geodiversidade podem ser uma ferramenta fundamental na divulgação dos conhecimentos geocientíficos pela sociedade, também auxiliando nos processos de preservação e de consumo sustentável dos recursos abióticos do planeta, da mesma forma como já foi feito e se consolidou nos estudos da biodiversidade.

Faz-se necessário, portanto, que a comunidade acadêmica dissemine a geoinformação por toda a sociedade, em seus mais diversos níveis organizacionais, econômicos e educacionais, pois é preciso que o entendimento do planeta e seus recursos abióticos estejam tão atrelados ao conhecimento cotidiano quanto o reconhecimento da biodiversidade é presente no dia a dia do ser humano.

Por fim, conclui-se que os serviços da geodiversidade, enquanto parte integrante dos ecossistemas naturais, podem ser instrumentos de tradução e de compreensão da importância dos recursos abióticos da natureza.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M., Y. HASUI, B. B. BRITO NEVES & R. A. FUCK, 1977. Províncias estruturais brasileiras. **Anais do Simpósio de Geologia do Nordeste** 8: 363-391.

BRILHA, J., 2005. **Património geológico e geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica: 1-183. Palimage Editores, Braga.

BRILHA, J., 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage** 8(2): 119-134. DOI: https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3.

BUREK, C. V. & C. D. PROSSER, 2008. The history of geoconservation: an introduction. In: C. V. BUREK & C. D. PROSSER (Ed.): **The history of geoconservation**: 1-5. The Geological Society, London. DOI: https://doi.org/10.1144/SP300.1.

CARVALHIDO, R. J., J. B. BRILHA & D. I. PEREIRA, 2016. Designation of natural monuments by the local administration: the example of Viana do Castelo municipality and its engagement with geoconservation (NW Portugal). **Geoheritage** 8(3): 279-290. DOI: https://doi.org/10.1007/s12371-016-0183-2.

COLONIAL VOYAGE, [s. d.]. **Fort Celeum (Rio Grande, Natal) (1665)**. Autor Johannes Vingboons. Disponível em: <https://www.colonialvoyage.com/dutch-in-brazil/fort-ceulen-rio-grande-natal-1665-author-johannes-vingboons/>. Acesso em: 3 janeiro 2018.

CÓRDOBA, V. C., E. F. JARDIM DE SÁ, D. C. SOUSA & A. F. ANTUNES, 2007. Bacia de Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências da Petrobras** 15(2): 391-403.

ELLIS, E., 2014. Ecosystem. **The Encyclopedia of Earth**. Disponível em: <http://www.eoearth.org/view/article/152248>. Acesso em: 25 janeiro 2018.

FISHER, B., R. K. TURNER & P. MORLING, 2009. Defining and classifying ecossystem services for decision making. **Ecological Economics** 68(3): 643-653. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.

GALOPIM DE CARVALHO, A. M., 2007. **Como bola colorida, a Terra, património da humanidade**: 1-245. Âncora Editora, Lisboa.

GORDON, J. E. & H. F. BARRON, 2012. Valuing geodiversity and geoconservation: developing a more strategic ecosystem approach. **Scottish Geographical Journal** 128(3-4): 278-297. DOI: https://doi.org/10.1080/14702541.2012.725861.

GRAY, M., 2004. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature: 1. ed.: 1-434. John Wiley & Sons, Chichester.

GRAY, M., 2013. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature: 2. ed.: 1-495. John Wiley & Sons, Chichester.

HASSAN, R., R. SCHOLES & N. ASH (Ed.), 2005. **Ecosystems and human well-being**: current state and trends: 1-838. Island Press, Washington.

HJORT, J., J. R. GORDON, M. GRAY & M. L. HUNTER JR., 2015. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. **Conservation Biology** 29(3): 630-639. DOI: https://doi.org/10.1111/cobi.12510.

MEDEIROS, S. C. O., L. F. MENESES & M. A. L. NASCIMENTO, 2013. Geodiversidade: a autobiografia da Terra. In: G. SEABRA (Ed.): **Qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades**: 800-808. Editora Universitária da UFPB, João Pessoa.

MOCHIUTTI, N. F., G. B. GUIMARÃES & M. S. MELO, 2011. Os valores da geodiversidade na região de Piraí da Serra, Paraná. **Geociências UNESP** 30(4): 651-668.

MOCHIUTTI, N. F., G. B. GUIMARÃES, J. C. MOREIRA, F. F. LIMA & F. I. FREITAS, 2012. Os valores da geodiversidade: geossítio do Geopark do Araripe/CE. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ** 35(1): 173-189. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_173_189.

MYALL, D., J. BIRCH & D. KNAPMAN, 2011. Strategic assessment of the value and state of Scotland's geodiversity: an assessment of potential approaches to the economic and social evaluation of geodiversity. **Scottish Natural Heritage Commissioned Report** (420): 1-101.

NASCIMENTO, M. A. L., U. A. RUCHKYS & V. MANTESSO-NETO, 2008. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo**: trinômica importante para a proteção do patrimônio geológico: 1-84. SBG, Natal.

NIKITINA, N., 2012. Geodiversity, and the geoethical principles for its preservation. **Annals of Geophysics** 55(3): 497-500. DOI: https://doi.org/10.4401/ag-5492.

OLIVEIRA, M. I. M., E. BAGNOLI, C. C. FARIAS, A. M. B. NOGUEIRA & M. SANTIAGO, 1990. Considerações sobre a geometria, petrografia, sedimentologia, diagênese e idades dos beachrocks do Rio Grande do Norte. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 36: 621-634.

PEREIRA, R. G. F. A., 2010. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil)**: 1-318. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade do Minho, Braga.

RIVAS, V., K. RIX, E. FRANCES, A. CENDRERO & D. BRUNSDEN, 1997. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources. **Geomorphology** 18(3-4): 169-182. DOI: https://doi.org/10.1016/S0169-555X(96)00024-4.

SILVA, M. L. N., 2016. **Geodiversidade da cidade do Natal**: valores, classificações e ameaças: 1-170. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUZA, I., 2008. **Nova história de Natal**: 1-800. Departamento Estadual de Imprensa, Natal.