

Desafios para o desenvolvimento sustentável

Algumas contribuições

Eduardo Rodrigues Viana de Lima
André Luiz Queiroga Reis
Carlos Isaza Valencia
Joel Silva dos Santos
Organizadores



Desafios para o desenvolvimento sustentável

Algumas contribuições



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Terezinha Domiciano Dantas Martins

Reitora

Mônica Nóbrega

Vice-Reitora



Editora UFPB

Geysa Flávia Câmara de Lima Nascimento

Diretora Geral da Editora UFPB

Rildo Coelho

Coordenador de Editoração

Eduardo Rodrigues Viana de Lima
André Luiz Queiroga Reis
Carlos Isaza Valencia
Joel Silva dos Santos
Organizadores

Desafios para o
desenvolvimento sustentável
Algumas contribuições

Editora UFPB
João Pessoa
2025

1ª Edição - 2025

E-book aprovado para publicação através do Edital N° 01/2023 – Editora UFPB.

Direitos autorais 2025 - Editora da UFPB



Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.

O CONTEÚDO DESTA PUBLICAÇÃO, SEU TEOR, SUA REVISÃO E SUA NORMALIZAÇÃO SÃO DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES.

OS DIREITOS DE PROPRIEDADE DESTA EDIÇÃO SÃO RESERVADOS À:



Cidade Universitária, Campus I – Prédio da Editora Universitária, s/n
João Pessoa – PB CEP 58.051-970
Site: www.editora.ufpb.br
Instagram: @editoraufpb
E-mail: atendimento@editora.ufpb.br
Fone: (83) 3216.7147

Editora filiada à



CONSELHO EDITORIAL

Cristiano das Neves Almeida (Ciências Exatas e da Natureza)

José Humberto Vilar da Silva (Ciências Agrárias)

Julio Afonso Sá de Pinho Neto (Ciências Sociais e Aplicadas)

Márcio André Veras Machado (Ciências Sociais e Aplicadas)

Maria de Fátima Alcântara Barros (Ciências da Saúde)

Maria Patrícia Lopes Goldfarb (Ciências Humanas)

Elaine Cristina Cintra (Linguística e das Letras)

Regina Celi Mendes Pereira da Silva (Linguística e das Letras)

Ulrich Vasconcelos da Rocha Gomes (Ciências Biológicas)

Raphael Abrahão (Engenharias)

Catálogo na fonte: **Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba**

D441 Desafios para o desenvolvimento sustentável : algumas contribuições [recurso eletrônico] / Eduardo Rodrigues Viana de Lima, André Luiz Queiroga Reis, Carlos Isaza Valencia, Joel Silva dos Santos (organizadores). – Dados eletrônicos – João Pessoa : Editora UFPB, 2024.

E-book.

Modo de acesso : <http://www.editora.ufpb.br/sistema/press/>

ISBN: 978-65-5942-285-2

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Gestão das águas. 3. Rios urbanos. 4. Agricultura familiar – Semiárido. 5. Setor sucroenergético. I. Lima, Eduardo Rodrigues Viana de. II. Reis, André Luiz Queiroga. III. Valencia, Carlos Isaza. IV. Título.

UFPB/BC

CDU 502.131.1

Como citar a publicação no todo (ABNT 6023:2018):

LIMA, E. R. V. de.; REIS, A. L. Q.; VALENCIA, C. I.; SANTOS, J. S. dos (orgs.). **Desafios para o desenvolvimento sustentável**: Algumas contribuições. João Pessoa: Editora UFPB, 2025. 1 ebook. ISBN 9786559422852. Acesso em: 10 fev. 2025.

Como citar uma parte (ABNT 6023:2018):

REIS, A. L. Q. *et al.* ASPECTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS DA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS. In: LIMA, E. R. V. de.; REIS, A. L. Q.; VALENCIA, C. I. (orgs.). **Desafios para o desenvolvimento sustentável**: Algumas contribuições. João Pessoa: Editora UFPB, 2025. p. 13-40. ISBN 9786559422852. Acesso em: 10 fev. 2025.

SUMÁRIO

- 10** **PREFÁCIO**
Maristela Oliveira de Andrade
- 13** **CAPÍTULO 1: ASPECTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS DA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS**
André Luiz Queiroga Reis
Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Josean da Silva
Gabriel Henrique Palmeira da Silva
Ana Beatriz Moura Reis
- 41** **CAPÍTULO 2: A PROBLEMÁTICA DOS RIOS URBANOS NO DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES**
André Luiz Queiroga Reis
Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Josean da Silva
Gabriel Henrique Palmeira da Silva
Francisco Alexandre Queiroga Reis
- 65** **CAPÍTULO 3: SEGURANÇA ALIMENTAR NO SEMIÁRIDO: O PAPEL DOS POLINIZADORES NA AGRICULTURA FAMILIAR**
Milena Almeida Vaz
Denise Dias da Cruz
Danielly Vasconcelos Travassos de Lima
Tamaris Gimenez Pinheiro
- 84** **CAPÍTULO 4: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TURÍSTICO DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL, NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**
Erickson Melo de Albuquerque
Eduardo Rodrigues Viana de Lima

110 **CAPÍTULO 5: PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS
PARA A INVESTIGAÇÃO DOS CLIMAS NAS CIDADES
A PARTIR DO SISTEMA-CLIMA-URBANO**

Francisco Resende de Albuquerque

Joel Silva dos Santos

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Maria Elisa Zanella

144 **CAPÍTULO 6: O SETOR SUCROENERGÉTICO
FRENTE AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Josicleide de Amorim Pereira Moreia

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

162 **CAPÍTULO 7: GERMINAÇÃO DE SEMENTES
PELOTIZADAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS
POR DISPERSÃO AÉREA, PARA REGENERAÇÃO
DE COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS DEGRADADAS**

Renan Aversari Câmara

Bartolomeu Israel de Souza

183 **CAPÍTULO 8: PENSANDO A COMPLEXIDADE A PARTIR
DA RESILIÊNCIA SOCIOECOLÓGICA E SUAS DIMENSÕES**

Viviane dos Santos Sousa

Bartolomeu Israel de Souza

Tânia Maria de Andrade

198 **CAPÍTULO 9: A VALORAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
COMO INSTRUMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE:
OS VALORES DIVERSOS DA NATUREZA
E A VALORAÇÃO PLURAL**

Carlos Isaza Valencia

George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Márcia Batista da Fonseca

Alexander Rincón Ruíz

245 SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

PREFÁCIO

Muito honrada atendi o convite para prefaciá esta coletânea organizada por Eduardo Viana, Joel Santos, André Reis e Carlos Isaza, docentes e discente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, por ter representado para mim uma oportunidade de religação afetiva com a história desse programa, e de reaproximação com colegas com quem compartilhei parte de minha própria trajetória acadêmica.

Não é demais lembrar a associação do PRODEMA/UFPB com uma rede de pós-graduação pioneira, que conseguiu se manter coesa até o presente. A filosofia colaborativa da rede PRODEMA venceu as pressões por práticas competitivas comuns ao meio acadêmico, garantindo sua continuidade com grande vitalidade.

A interdisciplinaridade, como um dos pilares da rede permanece sendo relevante, cuja legitimidade foi reconhecida na criação da área de ciências ambientais junto à Capes, área a qual a rede se vincula. A formação proposta pela rede PRODEMA compreende as interfaces dos saberes na confluência entre meio ambiente e desenvolvimento, que não pode prescindir do pensamento interdisciplinar, e se viabiliza por meio de um corpo docente multidisciplinar que tem um papel aglutinador na rede.

Ao longo de mais de vinte e cinco anos o PRODEMA/UFPB construiu uma cultura acadêmica pautada nesses princípios, alimentando o campo de conhecimento das ciências ambien-

tais com pesquisas em temáticas recorrentes, que fortalecem e consolidam uma identidade coletiva da rede.

Esta coletânea oferece um rico painel da pluralidade de pesquisas empíricas do PRODEMA/UFPB, e fornece uma amostra dos temas mais investigados e que vêm sendo renovados e atualizados nos últimos anos por docentes e discentes deste programa, ao lado de docentes da rede vinculados a instituições parceiras de outros estados nordestinos, além de docentes que já integraram o corpo docente do programa.

As temáticas recorrentes se entrelaçam com outras emergentes que se inicia com pesquisas pautadas na gestão hídrica, e se renovam com estudos sobre os rios urbanos em áreas densamente povoadas. Temáticas emergentes como a segurança alimentar no contexto da agricultura familiar, suscitam a pesquisa sobre a contribuição das abelhas como agentes polinizadores dos cultivos. Estudos sobre o clima urbano são renovados com uso de novas metodologias para medir as variações do clima em cidades de porte médio. A região semiárida nordestina e seus problemas são recorrentes nas pesquisas da rede e do subprograma da UFPB, com ênfase sobre os desmatamentos e as áreas degradadas, sendo alvo de avaliação de uma proposta de restauração com tecnologias inovadoras para dispersão aérea de sementes. Já os estudos recorrentes sobre turismo, são contemplados com a avaliação da viabilidade turística de uma cidade do semiárido. Estudos emergentes sobre as energias renováveis cada vez mais presentes na rede, estão representados por uma pesquisa sobre uma empresa sucroalcooleira, trazendo igualmente o debate sobre o desenvolvimento sustentável. A teoria da complexidade, como abordagem fundante para pensar

os problemas ambientais foi empregada para investigar a resiliência socioecológica de populações tradicionais. Finalmente os estudos sobre a biodiversidade muito recorrentes no PRODEMA/UFPB, estão representados pela pesquisa que inova por fornecer um diálogo entre biólogos e economistas na perspectiva da valoração como instrumento para sustentabilidade.

Este conjunto de pesquisas do PRODEMA/UFPB configura a dinâmica do estado atual de sua produção científica, que traz novas contribuições não só para as ciências ambientais como para um mundo melhor, de modo que recomendo uma leitura atenta deste livro.

Outubro de 2023

Maristela Oliveira de Andrade

CAPÍTULO 1

ASPECTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS DA GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS

André Luiz Queiroga Reis
Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Josean da Silva
Gabriel Henrique Palmeira da Silva
Ana Beatriz Moura Reis

Esta produção textual é oriunda de uma tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPB a partir da necessidade em aprofundar os estudos teóricos sobre a responsabilidade jurisdicional da gestão das águas, de modo a entender as diretrizes legais deste gerenciamento, bem como identificar a interface com outras normas de gestão das águas (PNRH, PERH, Código de Águas, Código Florestal) e com outras leis relacionadas ao tema ambiental (Estatuto das Cidades, Plano Diretor) em nível Federal, Estadual e Municipal, objetivando caracterizar a responsabilidade de cada ente público em relação a gestão das águas urbanas de João Pessoa apoiado no Direito das Águas, levando em consideração o conjunto de princípios e normas jurídicas que disciplinam o domínio, as competências e o gerenciamento das águas, visando ao planejamento dos usos, à conservação e a preservação, assim como a defesa de seus efeitos danosos, provocados ou não pela ação humana.

Fato é que a partir do início deste século, as cidades passaram a ser orientadas pelo Estatuto das Cidades (Brasil, 2001), e por normas existentes no Sistema Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA (Brasil, 2007), no Sistema Nacional de Habitação – SNH (Lei 11.124/2005) e nos Programas Urbanos de Desenvolvimento (BRASIL, 2001), conforme regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que estabelecem diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, que definiram diretrizes de desenvolvimento urbano. A atuação na gestão e no planejamento ambiental-urbanístico é exercida pelos municípios, consolidando a importância do planejamento urbano através dos Códigos de Conduta Urbana (CCU) e/ou Planos Diretores.

Entretanto, essas regulamentações precisam respeitar e funcionar em harmonia com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Brasil, 1997), lei que evoluiu do Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código de Águas.

Como marco mais recente e que tem relação direta com as leis e decretos citados anteriormente, tendo em vista a presença de APP's nas cidades, é possível citar o Código Florestal de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, alterando leis anteriores (Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001).

A relevância fundamental dessas políticas e legislações urbanas funcionarem associadas com a PNRH deve se a importância estratégica que os recursos hídricos possuem para o Brasil,

tanto para a geração de energia (indicador econômico), quanto para aspectos de saneamento ambiental e fornecimento de água tratada e tratamento de esgoto (Indicadores sociais) ou como aspectos de preservação ambiental do solo e da vegetação (indicadores ambientais).

Contudo, é nítida a maneira desarticulada com que a legislação urbanística brasileira é aplicada em relação às reais necessidades do planejamento territorial urbano e da política fundiária dos municípios, se comparado com as diretrizes de sustentabilidade previstas pelas leis e planos nacionais citados anteriormente.

Ocorre também a incompatibilidade jurisdicional entre os órgãos envolvidos no monitoramento da qualidade ambiental dos rios urbanos. Seria papel da AESA - PB (Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba) gerenciar os recursos hídricos do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1996), que *Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências*, considerando não somente as grandes bacias hidrográficas, mas também as bacias urbanas, por serem consideradas com representativo potencial hídrico, entretanto, esta agência não o faz, transferindo a responsabilidade para a SUDEMA (Superintendência de Administração do Meio Ambiente), que deveria manter um monitoramento dos rios, mas sem competência para propor ações corretivas e de planejamentos integrados, pois isso cabe somente a AESA.

Por fim, a prefeitura Municipal de João Pessoa, que tenta adotar ações de conservação e desenvolvimento urbano, encontra diversos obstáculos, desde a jurisdição que compõe a região ge-

ográfica da cidade, escassez de recursos, até a desagregação das diretrizes de planejamento urbano, relacionadas à conservação ambiental, desenvolvimento social e crescimento econômico, devido a fragilidade do desempenho dos indicadores institucionais.

Assim, as diretrizes previstas nos códigos de conduta dos municípios e nos planos diretores, normalmente são subsidiados pelas principais diretrizes de leis de esferas federais, em destaque (BRASIL,1979) que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências, que em seu artigo 3, parágrafo único, inciso V, diz que:

Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal. (LEI Nº 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979, p. 1).

E não será permitido o parcelamento do solo em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção. Deste modo é possível fazer uma retrospectiva a partir do Código de Águas como documento essencial às diretrizes de gestão dos recursos hídricos e serviu de base para a construção para o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Este documento é um decreto presidencial (BRASIL, 1934), onde a competência para sua implementação era do Ministério da Agricultura, com vistas a disciplinar o uso dos recursos hídricos do país. Assim, segundo o Código de Águas em seu artigo nº 29, a jurisdição que cabia à União era:

- a.** Zonas marítimas;
- b.** Quando situadas no Território do Acre, ou em qualquer outro território que a União venha a adquirir, enquanto o mesmo não se constituir em Estado, ou for incorporado a algum Estado;
- c.** Quando servem de limites da República com as nações vizinhas ou se estendam a território estrangeiro;
- d.** Quando situadas na zona de 100 quilômetros contígua aos limites da República com estas nações;
- e.** Quando sirvam de limites entre dois ou mais Estados;
- f.** Quando percorram parte dos territórios de dois ou mais Estados.

Já aos Estados cabiam a responsabilidade dos rios:

- a.** Quando sirvam de limites a dois ou mais Municípios;
- b.** Quando percorram parte dos territórios de dois ou mais Municípios.

E aos Municípios:

- a.** Quando, exclusivamente, situados em seus territórios, respeitadas as restrições que possam ser impostas pela legislação dos Estados.

Havendo algumas ressalvas relacionadas a casos específicos conformação geográfica ou climática da região, limitando a competência dos Estados e Municípios, em se tratando da servidão destes à União.

A partir da Constituição republicana de 18 de setembro de 1946, o artigo que conferia competência aos municípios em gerir os recursos hídricos dentro dos limites da cidade, foi revogado, repassando toda a responsabilidade para os Estados e de acordo com a redação da nova constituição, pelo princípio da exclusão, a versão final do texto em seu artigo 34.I, atribuiu à União os lagos e qualquer corrente de água em terrenos de seu domínio, ou que cruzassem mais de um Estado ou servissem como limite fronteiro entre os Estados ou com outros países.

Então, pouco mais de 80 anos atrás, os Municípios tinham a competência para gerenciar e planejar qualquer natureza de ações sobre os recursos hídricos, desde que estes fossem limitados geograficamente por seus territórios. Vale salientar, que para ser considerada totalmente inserida no território municipal, os limites da bacia hidrográfica devem estar contidos nas fronteiras municipais.

Desta forma, na tentativa de modernizar e adaptar essas regras aos tempos atuais é que o Código de Águas foi se atualizando a partir de novas leis e regulamentos de origem federal, bem como a primeira norma de sobre a política de recursos hídricos em nível federal, (BRASIL,1997), que tinha o propósito de solucionar graves problemas de poluição e escassez e ajudando na compatibilidade com as demais regras Estaduais e Municipais de ordenamento e gestão dos recursos hídricos.

E em seu artigo 35, atribuiu aos Estados os lagos e rios em terrenos em seu domínio e os que tivessem nascente e foz em seu território. Havendo a manutenção desta prerrogativa nas constituições que se seguiram em 1967 e na de 1988.

Contudo, Granziera (2014), ressalta que essa divisão não se apresenta claramente ao atribuir aos Estados a gestão dos rios que estão totalmente inseridos em apenas uma cidade, pois em geral constitui atribuição do município esse gerenciamento, de acordo com arranjos institucionais não escritos e por haver uma dinâmica entre o planejamento e os rios urbanos em relação ao zoneamento do uso e ocupação do solo.

Cabendo destacar que essa convenção institucional é oficiosa, ou seja, não possui amparo legal, contudo essa integração da participação mais efetiva na gestão dos rios urbanos é extremamente recomendada, pois como cabe a administração do município o gerenciamento de outras diretrizes urbanas, como as redes de microdrenagem, atuar sobre os riscos ambientais de enchentes e deslizamentos de barreira, que estão relacionadas com os recursos hídricos, esses convênios de mútua cooperação técnica e financeira, diminuiriam os efeitos negativos sobre a população.

Em seu artigo 24, que trata de Competências Concorrentes, a Constituição de 88 outorgou aos municípios uma competência suplementar a legislação federal, completado pelo artigo 30 do mesmo documento, onde atribui aos municípios legislar sobre assuntos de interesse local, ou seja, esses interesses é a predominância do interesse do Município sobre os interesses do Estado ou da União, segundo Monteiro, 1993.

Ainda segundo a autora, é competência privativa do Estado legislar sobre os recursos hídricos estaduais, pois os municípios não são detentores do domínio hídrico, mas cabe mencionar que é de responsabilidade administrativa do município a gestão de

temas que interferem diretamente nas águas, como por exemplo o Saneamento Básico nos termos da lei (BRASIL, 2007), Sistema Nacional de Habitação (BRASIL, 2005) e o Projeto de Programas Urbanos de Desenvolvimento (BRASIL, 2001).

Antecipando o que seria a revisão do Código Florestal Brasileiro em 2012, em 18 de julho de 2000 é sancionada (BRASIL, 2000), que institui o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), estabelecendo seus critérios e normas para criação, implantação e gestão dessas unidades.

Especificamente em situações urbanas, destaca -se nessa lei, o artigo nº14, que trata da constituição de Grupo de Unidades de Uso Sustentável as seguintes Unidades de Conservação, nos incisos I e II, Área de Proteção Ambiental e Área de Relevante Interesse Ecológico, respectivamente.

Por ocasião da revisão do Código Florestal Brasileiro em 2012, apresentou mais uma alternativa na integração das diretrizes ambientais, sobretudo as diretrizes urbanas para preservação de APP's, (nascentes, rios e áreas verdes). Em seu inciso XX, identifica o Plano Diretor Municipal, como o regulamento basilar da conservação desses recursos florestais urbanos relacionados às funções ecossistêmicas presentes nas cidades.

Na transcrição dos incisos XX, XXI, XXII, é possível evidenciar o destaque dado ao ambiente urbano na caracterização e dos regimes de proteção das Áreas de Preservação Permanente.

XX – Área verde urbana: espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para constru-

ção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais;

XXI – Várzea de inundação ou planície de inundação: áreas marginais a cursos d'água sujeitas a enchentes e inundações periódicas;

XXII - Faixa de passagem de inundação: área de várzea ou planície de inundação adjacente a cursos d'água que permite o escoamento da enchente.

Na seção III, deste código, o artigo 25 impõe ao poder público municipal a responsabilidade em estabelecer as áreas verdes urbanas, através dos seguintes instrumentos:

I – O exercício do direito de preempção para aquisição de remanescentes florestais relevantes, conforme dispõe a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;

II – A transformação das Reservas Legais em áreas verdes nas expansões urbanas; para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

Já na Seção II que trata “Das Áreas Consolidadas em Áreas de Preservação Permanente”, existem critérios que são estabelecidos no artigo nº 64 para a regularização fundiária de interesse social dos assentamentos inseridos em área urbana de ocupação consolidada e que ocupam Áreas de Preservação Permanente,

sendo esta regularização ambiental somente podendo ser admitida apenas na forma da Lei (BRASIL, 2009).

Assim, faz-se necessário para a aprovação do projeto de regularização estudos técnicos que devem conter os seguintes elementos, onde para fins de relação com este trabalho, é possível destacar o inciso V, pois caracteriza o uso adequado de recursos hídricos e a identificação e proteção de áreas de risco em unidades de conservação.

I – Caracterização da situação ambiental da área a ser regularizada;

II – Especificação dos sistemas de saneamento básico;

III – proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações;

IV – Recuperação de áreas degradadas e daquelas não passíveis de regularização;

V – Comprovação da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental, considerados o uso adequado dos recursos hídricos, a não ocupação das áreas de risco e a proteção das unidades de conservação, quando for o caso;

VI – Comprovação da melhoria da habitabilidade dos moradores propiciada pela regularização proposta;

VII – Garantia de acesso público às praias e aos corpos d'água.

Contudo vale destacar as principais mudanças da versão do Código Florestal, tornando-se mais protetivo ao meio ambiente, onde uma delas trata da delimitação das APP's de corpos hídricos em que são protegidas por lei as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos

os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima diferenciada a partir da largura do curso hídrico, enquanto que na versão de 1965 preconizava a medida a partir do nível mais alto do curso hídrico.

Ainda no que trata das definições do Código Florestal de 2012, é contextualizado o conceito de área verde urbana, que remete ao poder público municipal a competência de dispor sobre os seguintes instrumentos para implementar essas áreas.

1. Direito de preempção para aquisição de remanescentes florestais relevantes;
2. Transformação das Reservas Legais em áreas verdes nas expansões urbanas;
3. Exigência de áreas verdes nos loteamentos, empreendimentos comerciais e na implantação de infraestrutura;
4. Aplicação de recursos oriundos da compensação ambiental.

Portanto, fica clara a percepção da necessidade de que para haver uma gestão eficiente e integrada dos recursos hídricos, é fundamental a articulação entre as três esferas de poder (União, Estados e Municípios).

Mantendo a escala nas legislações federais, são apresentados esses outros regulamentos de enfoque na gestão urbana interconectada a gestão dos recursos hídricos, para em seguida criar uma conexão com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba e o Plano Diretor da Cidade de João Pessoa. O atual Plano Estadual de Recursos Hídricos em vigência no Estado da Paraíba, teve sua última versão homologada (PARAÍBA, 2022),

onde é possível destacar na seção II, os artigos IV, V e VI na descrição dos objetivos e princípios básicos:

IV – O gerenciamento dos Recursos Hídricos far-se-á de forma participativa e integrada, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos desses Recursos e as diferentes fases do ciclo hidrológico.

V – O aproveitamento dos Recursos Hídricos deverá ser feito racionalmente de forma a garantir o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente.

VI – O aproveitamento e o gerenciamento dos Recursos Hídricos serão utilizados como instrumento de combate aos efeitos adversos da poluição, da seca, de inundações, do desmatamento indiscriminado, de queimadas, da erosão e do assoreamento.

Já a partir destes itens, é possível inferir sobre os principais enfoques da política estadual relacionada aos recursos hídricos.

Contudo, é na seção III de DIRETRIZES GERAIS desta lei, destacando-se os incisos III, IV, V, VI, VII, VIII e X onde é evidenciado as diretrizes de parcerias interinstitucionais e entre os municípios no que diz respeito a participação efetiva do planejamento e preservação dos recursos hídricos, fazendo uso dos instrumentos legais de gerenciamento do governo estadual, como a instituição dos comitês de bacia, com a participação dos representantes da sociedade civil e de órgãos e entidades estaduais e municipais.

III – Estabelecimento em conjunto com os municípios de um sistema de alerta e defesa civil, quando da ocorrência de eventos extremos tais como, secas e cheias.

IV – Compatibilização dos Programas de uso e preservação dos Recursos Hídricos com os da União, dos estados vizinhos e dos municípios, através da articulação intergovernamental;

V – Maximização dos benefícios socioeconômicos nos aproveitamentos múltiplos dos Recursos Hídricos;

VI – Racionalização do uso dos Recursos Hídricos superficiais e subterrâneos, evitando exploração inadequada;

VII – Estabelecimento de prioridades no planejamento e na utilização dos Recursos Hídricos de modo a ser evitar ou minimizar os conflitos de uso;

VIII – Distribuição dos custos das obras públicas de aproveitamento múltiplo, ou de interesse coletivo, através do princípio do rateio entre as diversas esferas de governo e os beneficiários.

X – Estabelecimento de áreas de proteção aos mananciais, reservatórios, cursos de água e demais Recursos Hídricos no Estado sujeitas à restrição de uso.

Assim, é possível perceber que a PERH entende que a água de maneira geral é um bem público de importância para a coletividade, independente das divisões político-administrativas, pois o gerenciamento deste recurso deve ser realizado na forma de parceria com os municípios ou estados vizinhos.

Cabe destacar, que nesta lei, também determina a composição dos comitês de bacia, entretanto, não esclarece os critérios para a criação dos comitês do Estado, ou seja, não há indicação de quais bacias hidrográficas terão um comitê específico para o seu gerenciamento ou a criação de um comitê de bacias integradas.

Atualmente, o Estado da Paraíba tem apenas 4 comitês de bacias hidrográficas, legalmente instituídos, que são: CBH do

Litoral Sul, com área de atuação o somatório das áreas geográficas das bacias dos Rios Gramame e Abiaí, CBH do Litoral Norte com área de atuação o somatório das áreas geográficas das bacias dos Rios Mamanguape, Camaratuba e Miriri, CBH do Paraíba, com atuação na Sub-bacia do rio Taperoá, e as Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do rio Paraíba e o CBH do Piranhas-Açú, este último de jurisdição federal, devido a bacia hidrográfica estar inserida em dois Estados (Paraíba e Rio Grande do Norte).

Dos rios urbanos do município de João Pessoa, apenas o rio Jaguaribe, que devido a intervenção urbanística do desvio do seu curso para desaguar no rio Mandacaru, passou a integrar a rede hidrográfica do rio Paraíba, assim passando a fazer parte do Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Paraíba. Os demais rios urbanos de João Pessoa, não fazem parte de qualquer comitê de bacias legalmente instituído pelo governo do Estado.

Mas para se atender os requisitos descritos na lei que apresenta o PERH, esses comitês de bacia são insuficientes para se discutir e planejar todos os recursos hídricos do Estado, pois somente os rios descritos anteriormente fazem parte da estrutura dos CBH por entender que essas bacias são prioritárias no atendimento das necessidades essenciais da sobrevivência humana, que seria o abastecimento de água potável.

O rio Jaguaribe compõe a rede hidrográfica do rio Paraíba, conseqüentemente, está inserido no CBH do Paraíba, já o rio Cuiá não faz parte de nenhum CBH, o que para a ótica do PERH, seria necessário devido à sua importância para o município, por ser o corpo receptor de efluente doméstico tratado e por sua vez,

estar relacionado as diretrizes de crescimento urbano, como habitação e fornecimento de serviços de saneamento.

Contudo, na Capital do Estado, em João Pessoa, a distribuição da rede hidrográfica é espalhada pela zona urbana e havendo dois rios, que segundo o Plano Diretor Municipal, tem o uso legalmente instituído para receber o efluente doméstico tratado das Estações de Tratamento de Efluentes. São eles o rio Jaguaribe e o rio Cuiá.

Assim, mesmo não havendo um comitê para todas as bacias hidrográficas, no capítulo IV da Lei 6.308 do Estado da Paraíba, que trata DOS PLANOS E PROGRAMAS INTERGOVERNAMENTAIS é possível identificar o principal mecanismo institucional previsto na Constituição em relação atividades de integração entre Estados e Municípios nos termos da gestão das águas.

Observe o que diz o artigo 14:

O Estado promoverá programas conjuntos com outros níveis de Governo, federal e municipal mediante convênios, com vistas a:

I – Identificação de áreas de proteção e conservação de águas de possível utilização para abastecimento das populações.

II – Implantação, conservação e recuperação das áreas de proteção permanente e obrigatória, nas Bacias Hidrográficas.

III – Tratamento de águas residuárias, efluentes e esgotos urbanos, industriais e outros, antes do lançamento nos corpos de água.

São com esses itens do artigo 14 da PERH que deveria haver a convergência das ações institucionais em nível de município e de Estado em relação a preservação dos recursos hídricos de João Pessoa e ao atendimento dos requisitos descritos no Plano

Diretor Municipal, que por sua vez preconiza o cumprimento do Estatuto das Cidades e outras leis de regulamentação do desenvolvimento e expansão urbana.

Segundo Araújo (2012) o conceito de Plano Urbanístico ou Plano Diretor é variável, sendo adaptado às especificidades locais, mas sempre havendo o foco no ordenamento da evolução do ambiente urbano.

A exigência da elaboração de um plano diretor municipal está assegurada e regulamentada nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 e por (BRASIL, 2001), o Estatuto das Cidades.

Especificamente no caso do Plano Diretor de João Pessoa que trata de um plano geral municipal de ordenamento urbano, que usa como instrumento de ordenação territorial integral não rígido, ou seja, um plano que pode ser adaptado e modificando, mas respeitando o interesse público e as diretrizes jurisdicionais de outras leis em nível Federal (Plano Nacional de Saneamento, 2007) ou em nível Estadual (Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2022).

O decreto que instituiu o Plano Diretor de João Pessoa (2022), trazendo uma redação atualizada da versão anterior do Plano, que era de 2009.

Na versão atual e em vigência do Plano Urbanístico da capital do Estado da Paraíba, as modificações foram mínimas em relação a versão anterior (2020), destacando-se as inúmeras revogações de seções inteiras, sobre lazer, esportes, educação, cultura, saúde, serviço social, etc. seguindo o exemplo contrário de outros Planos diretores de capitais de outros Estados próximos como Natal no Rio Grande do Norte ou de Recife em Pernam-

bucu, que mantiveram Planos Setoriais como Instrumento de Ordenamento Urbano.

Contudo, essas duas cidades apresentam graves problemas de ordenamento territorial na faixa costeira das praias urbanas, onde o crescimento da cidade foi muito agressivo, em contraponto à cidade de João Pessoa, que conseguiu manter a restrição em seu plano diretor na versão de 2009, para o cumprimento dos artigos 229 da Constituição Estadual e 175 da Lei Orgânica para o Município quanto a altura máxima das edificações situadas em uma faixa de 500 metros ao longo da orla e a partir da linha de testada da primeira quadra da orla em direção ao interior do continente, cujo cálculo será efetuado da seguinte forma:

- I – Toma - se a distância que vai do ponto médio da testada principal do lote ou da gleba, ao ponto mais próximo da testada da primeira quadra contígua a orla marítima e mais próxima a ela;
- II – A altura máxima da edificação, medida a partir da altura da linha do meio-fio da testada do imóvel até o ponto mais alto da cobertura, será igual 12,90 metros, mais a distância calculada no inciso anterior multiplicado por 0,0442.

No caso dos PD's de Natal e de Recife, ambos foram reformulados em 2007 e 2008 através das Leis complementares nº 82 e Nº 17511/2008, respectivamente.

Assim, o que foi mantido como ênfase no PD de João Pessoa, foram as questões administrativas do zoneamento urbano.

De acordo com os objetivos e a temática desta tese, é necessário destacar os itens relacionados a preservação do ambiente natural (como áreas verdes e os cursos dos rios, desde

sua nascente até sua foz, mas que estejam totalmente inseridos dentro no município de João Pessoa) bem como *“a compatibilização dos objetivos estratégicos do desenvolvimento local com os programas e projetos dos governos Federal e Estadual, como vistas à complementariedade e integração de objetivos.”*

Ainda no Capítulo I, é importante fazer o destaque do artigo nº4 e seus incisos III, IV e V:

Art. 4º. Considera-se exigência para o ordenamento e gestão do espaço urbano, conforme o disposto pelas Constituições Federal e do Estado, e pela Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, o cumprimento das seguintes condições fundamentais:

[...] III – A ocupação do sítio urbano será limitada por sua adequação às características físico-ambientais, de forma a impedir a deterioração ou desequilíbrio do meio;

IV – A gestão urbana protegerá os lugares históricos, os monumentos naturais, as reservas biológicas e, especialmente, as fontes e mananciais de abastecimento de água da população

V – As áreas deterioradas ou em processo de deterioração terão sua recuperação contemplada de forma a devolver-lhes as condições da habitabilidade ou de uso coletivo [...]

Esses incisos já sinalizam o que foi preconizado pela constituição federal, pelos planos nacionais e estaduais de recursos hídricos, o estatuto das cidades e outras legislações relacionadas a gerenciamento urbano quanto a efetiva participação da gestão municipal e de suas leis orgânicas na operacionalização e efetivação gestão ambiental urbana.

Cabe destacar o inciso IV, descrito anteriormente, que a gestão urbana será responsável por proteger especialmente as fontes e mananciais de abastecimento de água da população.

Contudo, em João Pessoa, os mananciais de abastecimento público não estão localizados nas bacias hidrográficas urbanas, mas principalmente nas bacias dos rios Gramame e Mamoaba, que por sua vez fazem parte da rede hidrográfica deste primeiro e estando sob responsabilidade do CBH do Litoral Sul.

Mesmo assim, no Capítulo III, Seção III, Artigo 39, incisos II e III, que trata das Zonas Especiais de Preservação, o macrozoneamento de João Pessoa no plano diretor, caracteriza diversas áreas da cidade como ZEP's, legalmente instituídas e protegidas na forma da lei Federal e Estadual, desta forma, os rios urbanos, o curso dos rios urbanos (da nascente à foz) possui normas específicas e diferenciadas para o uso e ocupação do solo, sendo já identificadas, caracterizadas e classificadas no PD de João Pessoa.

Segundo o PD de João Pessoa:

Seção III – Das Zonas Especiais de Preservação

Art. 39. Zonas Especiais de Preservação são porções do território, localizadas tanto na Área Urbana como na Área Rural, nas quais o interesse social de preservação, manutenção e recuperação de características paisagísticas, ambientais, históricas e culturais, impõe normas específicas e diferenciadas para o uso e ocupação do solo, abrangendo:

[...] II – A Falésia do Cabo Branco, o Parque Arruda Câmara, a Mata do Buraquinho, a Mata do Cabo Branco, os manguezais, os mananciais de Marés-Mumbaba e de Gramame, o Altiplano do Cabo Branco, a Ponta e a Praia do Seixas e o Sítio da Graça;

III – Os vales dos rios Jaguaribe, Cuiá, do Cabelo, Água Fria, Gramame, Sanhauá, Paraíba, Tambiá, Mandacaru, Timbó, Paratibe, Aratú e Mussuré, na forma da Lei Federal e Estadual [...]

Ressaltando que, segundo o PD de João Pessoa, esses seriam os rios que estão dentro do perímetro urbano da cidade e que segundo o mesmo documento, são classificados como ZEP's e que inseridas nessas zonas, estão as APP's (Áreas de Preservação Permanente) e as faixas de preservação moderada, classificadas como Setores de Amenização Ambiental (SAA).

Há também um caso específico de dois rios que são classificados como Setores de Deposição e Tratamento de Resíduos Líquidos identificados no inciso XIV do mesmo item:

XIV – Os Setores de Deposição e Tratamento de Resíduos Líquidos ficam situados na camboa Tambiá Grande, margem direita do Estuário do Rio Paraíba e em Mangabeira, na margem esquerda do rio Cuiá.

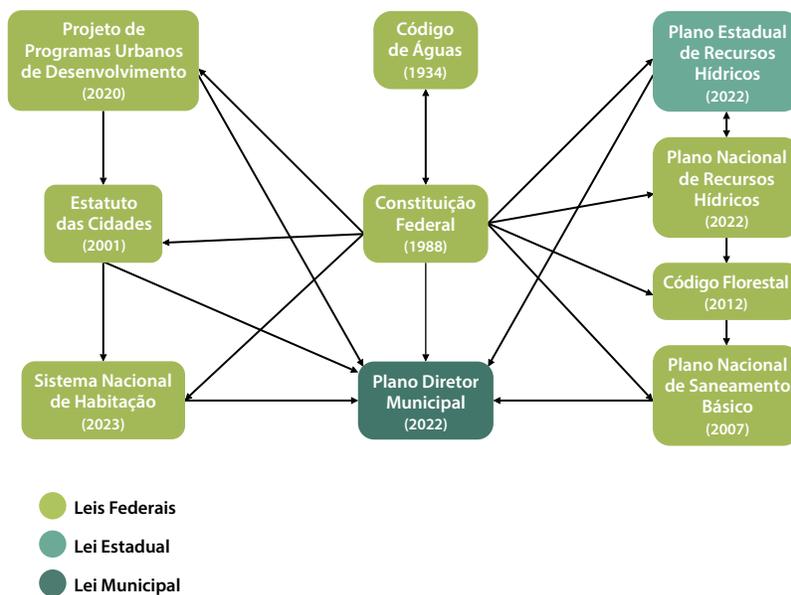
Assim, dentre os rios que compõem esta pesquisa, apenas o Cuiá possui uma função direta, legalmente instituída em relação aos serviços ecossistêmicos estabelecidos pelo PD, mostrando afirmando que as demais áreas que compõem esta pesquisa (as bacias hidrográficas dos rios Cabelo, Jaguaribe, Aratu e Jacarapé) são zonas de preservação com mecanismos legais instituídos pelo poder público Estadual e Municipal para uma gestão integrada e articulada entre as leis de gerenciamento e planejamento urbano.

Na figura 1.1 é possível visualizar um esquema que articula em termos cronológicos e de esferas de poder, as legislações que tem efeito direto no PD de João Pessoa e consequentemen-

te reflete diretamente nos rios urbanos na forma de impactos ambientais.

Assim, como o Plano Diretor municipal tem respaldo legal no cumprimento das diretrizes jurisdicionais segundo as leis estabelecidas pela União e pelo Estado, as leis orgânicas do município não podem se contrapor essas instâncias superiores, pois funcionam de maneira a complementar em respeito as particularidades de cada cidade.

Figura 1.1 – Esquema de relação entre as leis e diretrizes federais, estaduais e municipais que envolvem recursos hídricos e ambiente urbano.



Fonte: Elaboração própria, 2015.

Por isso, o PD de João Pessoa (2022), considera a Agência Municipal de Saneamento e Águas como aquela que tem por finalidade exercer o poder regulatório, acompanhando, controlando e fiscalizando as concessões e permissões de serviços públicos de saneamento básico e para o cumprimento do que dispõe sobre a política municipal de saneamento básico inserido no PD municipal descrito no item a seguir:

I – Serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, prestados pelas empresas outorgadas, concessionárias e permissionárias, nas quais o Município de João Pessoa figure como Poder Concedente ou Permitente, nos termos das normas legais, regulamentares e consensuais pertinentes.

Ou seja, oficializa a responsabilidade do poder público municipal em relação aos interesses locais de preservação de seus recursos ambientais inseridos no território urbano, sem haver contraposição a legal à União e ao Estado.

Reforçando a ideia da necessidade de uma gestão integrada entre Estados e Municípios, ao se tratar de um bem difuso e da coletividade, como água, especialmente os rios inseridos em ambientes altamente urbanizados, havendo uma integração não somente por jurisdição administrativa do território e sim, pelos fatores de impacto gerados na unidade territorial de planejamento de recursos hídricos que é a bacia hidrográfica.

Em resumo, a jurisdição legal para o gerenciamento dos recursos hídricos pertence ao Estado, mas é recomendado que a gestão pública municipal através dos interesses locais de preservação dos ambientes naturais e do desenvolvimento da zona

urbana, participe efetivamente da gestão dos rios, tendo em vista a influência direta dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos ambientes fluviais ao ambiente urbano.

Assim, é a partir desta avaliação do PD vigente no município de João Pessoa e das condições ambientais monitoradas e registradas no período desta pesquisa, que é possível inferir que o planejamento e gestão das diretrizes urbanas, sobretudo no que diz respeito a gestão das águas urbanas em suas ZEP's, necessita de uma revisão que viabilize a harmonia entre as diretrizes em nível Estadual e Federal, mas de responsabilidade Municipal, observando os critérios de um centro urbano que busca a sustentabilidade como foco de seu crescimento planejado.

A omissão por parte do Governo Estadual e/ou Municipal na tentativa de preservação das ZEP's é nitidamente identificada em diversos trechos dessas zonas.

Esta omissão do poder público tem impacto na qualidade ambiental, em razão da inércia na fiscalização de crimes ambientais (captação irregular de água dos rios, disposição inadequada de resíduos de construção, desmatamento) ou intervenções urbanísticas que alteram a dinâmica do ecossistema fluvial, com construções irregulares sem os devidos estudos de impacto.

Desta forma, as ações são isoladas por bairro e tem efeitos pouco eficazes, pois não consideram as relações socioeconômicas e político-ambientais intraurbanas, que permitam uma gestão integrada das bacias hidrográficas.

Assim, os poderes públicos municipal e estadual nivelam ou consideram certa uniformidade entre os desejos, anseios e necessidades das comunidades de cada bairro sem considerar

aspectos relevantes do local e que influenciam diretamente na qualidade de suas ações. Ou seja, a ausência ou pouca eficácia das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento da cidade, respeitando as limitações ambientais e os interesses sociais, é uma característica claramente observada no município de João Pessoa.

Ao se observar os efeitos de um gerenciamento urbano inadequado, que utiliza metodologias equivocadas de monitoramento, controle e planejamento, os recursos hídricos são os primeiros a sofrerem os impactos do crescimento da malha urbana, pois são os principais indicadores de qualidade ambiental.

CONCLUSÃO

A reflexão que se pode fazer do exposto é que a gestão das águas urbanas é um desafio complexo que envolve uma série de aspectos jurídico-institucionais essenciais para garantir a sustentabilidade e o acesso a recursos hídricos de qualidade nas áreas urbanas. Ao longo deste texto, exploramos as diversas dimensões desse tema, incluindo a regulamentação, a governança, a proteção do meio ambiente e a promoção do desenvolvimento sustentável, o que por óbvio restou insuficiente para o cumprimento das demandas debatidas aqui.

Concluimos que a gestão das águas urbanas requer uma abordagem interdisciplinar e colaborativa, que envolve não apenas entidades governamentais, mas também a sociedade civil, o setor privado e a comunidade acadêmica. A existência de marcos legais sólidos e instituições eficazes desempenha um papel

fundamental na promoção da gestão responsável dos recursos hídricos urbanos.

Além disso, a gestão das águas urbanas deve levar em consideração as mudanças climáticas e os impactos ambientais, adotando práticas de conservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos e dando corpo às formulações do aparelho legislativo. É crucial que haja investimentos em infraestrutura e tecnologia, bem como programas de educação ambiental para aumentar a conscientização da população sobre a importância da preservação dos recursos hídricos, e tudo isto, sob os auspícios de uma legislação contextualizada à realidade de nosso povo.

Portanto, a promoção de uma gestão eficaz das águas urbanas depende de uma estrutura jurídico institucional sólida e de um compromisso contínuo com a sustentabilidade e a qualidade de vida nas áreas urbanas. A implementação de políticas e práticas adequadas é essencial para garantir que as gerações presentes e futuras tenham acesso à água limpa e segura, ao mesmo tempo em que se proteja o meio ambiente e se promova o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2a ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera

a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Presidência da República Casa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Presidência da República Casa Civil, 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. Resolução CONAMA 01 de 23 de janeiro de 1986. Brasília, DF, 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Brasília: promulgada em 5.10.1988. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 05/09/2023.

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: promulgada em 5.10.1988. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Presidência da República Casa Civil, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 05/11/2014.

BRASIL. **Lei Nº 11.124, De 16 De Junho De 2005**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS. Presidência da República Casa Civil, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. **Decreto nº 895, de 16 de agosto de 1993**. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa Civil (Sindec), e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil, 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D0895.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República Casa Civil, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 05/09/2023.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o Novo Código Florestal. Presidência da República Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 05/09/2023.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas e meio ambiente**. São Paulo: Ícone Editora, 1993.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de Águas: Princípios Jurídicos das Águas Doces**, 2014. São Paulo: Ícone Editora.

JOÃO PESSOA. **Decreto N.º 6.499, de 20 de março de 2009.**

Prefeitura Municipal de João Pessoa. Consolida a Lei complementar n.º 054, de 23 de dezembro de 2008, às disposições da Lei complementar n.º 03 de 30 de dezembro de 1992. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/planodiretor2009.pdf>. Acesso em: 05/09/2023.

JOÃO PESSOA. **Plano diretor da cidade de João Pessoa.** Lei complementar n.º 3, de 30 dezembro de 1992 João Pessoa – PB, 1994. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-joao-pessoa-pb>. Acesso em: 05/09/2023.

JOÃO PESSOA. PMJP. **Prefeitura municipal De João Pessoa/ SEMAM/DIEP.** Plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica. Dossiê Mata Atlântica. (PMCRMA) João Pessoa, novembro de 2010. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/04/pmma_joao_pessoa.pdf. Acesso em: 05/09/2023.

JOÃO PESSOA. PMJP. Prefeitura Municipal de João Pessoa. Secretaria de Saúde do Município. Departamento de Epidemiologia. **Relatório de Agravos de doenças de transmissão e veiculação hídrica.** João Pessoa, dezembro de 2010.

JOÃO PESSOA. PMJP. Prefeitura Municipal de João Pessoa. Plano de Ação Sustentável. João Pessoa, 2013. Disponível em: http://polis.org.br/wp-content/uploads/Plano_de_Acao_Joao_Pessoa_ICES.pdf. Acesso em: 05/09/2023.

MONTEIRO, I. C. L. **Direito municipal brasileiro.** 6 ed. São Paulo: Malheiros, 1993.

PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. **Lei n.º 6.308, de 02 de julho de 1996.** Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências. Gabinete da casa civil do governador, 1996. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/cerh/legisl_cerh-pb/Lei%20n.%206.308_96%20-%20Politica%20Estadual%20-%20Atualizada.pdf. Acesso em: 05/09/2023.

CAPÍTULO 2

A PROBLEMÁTICA DOS RIOS URBANOS NO DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES

André Luiz Queiroga Reis

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Josean da Silva

Gabriel Henrique Palmeira da Silva

Francisco Alexandre Queiroga Reis

Para que seja possível entender a questão dos rios urbanos no cotidiano, é necessário entender inicialmente o conceito de Ecologia Urbana. O pioneiro no lançamento das bases teóricas e práticas para o planejamento ecológico da paisagem urbana, foi Frederick Law Olmsted, que através de seus projetos urbanísticos expandiu o papel do planejador urbano e regional ao inserir uma compreensão sistêmica das complexas funções e processos naturais que compõem a paisagem urbana.

É possível citar alguns projetos de Olmsted nos Estados Unidos inspirados nos parques ingleses e franceses, como o Parque Yosemite na costa oeste dos Estados Unidos ou o Central Park em Manhattan, HERZOG (2013).

Ambos os projetos não têm apenas o objetivo de preservar áreas verdes em zonas urbanas, mas também de recuperar e promover a qualidade de vida urbana.

Um dos projetos mais relevantes elaborados por Olmsted que está relacionado aos rios urbanos, é bastante destacado por Herzog, 2013, é o Emerald Necklace em Boston, composto pelos parques Fens e Riverway, que levou quase 20 anos para ser implementado, pois necessitou de uma visão integrada da paisagem e da dinâmica do ambiente urbano, conectando parques existentes por meio da recuperação e renaturalização das margens do rio Muddy a partir dos projetos Riverway e Greenway.

Este projeto apresenta inúmeras funcionalidades em um ecossistema urbano do ponto de vista da preservação ambiental, do paisagismo e serviços infra estruturais urbanos, harmonizando a natureza, ora degradada, em um ambiente de tratamento dos efluentes domésticos e industriais de forma natural e ainda protegendo as áreas vizinhas de inundações e epidemias.

Assim, o principal foco de estudo da Ecologia Urbana, segundo BEATLEY, 2000, COLDING, 2011, ELMQVIST, 2011 e HELLMUND, 2006, é a maneira de como mimetizar ou harmonizar a paisagem natural, os serviços ecossistêmicos naturais com uma paisagem urbana já consolidada ou com alto nível de degradação.

A mesma encontrasse dividida em dois principais ramos: A Ecologia Urbana nas Cidades, que estuda os padrões e os processos ecológicos que ocorrem em ambientes urbanos, comparando com ambientes diversificados e observando como a urbanização interfere nos sistemas ecológicos do meio biótico.

O segundo ramo é a Ecologia Urbana das Cidades, que busca entender as conexões entre os sistemas sociais e ecológicos, com o objetivo de elaborar formas de planejamento do

ambiente urbano que possibilitem a manutenção das principais funções sociais e ecológicas para um ambiente urbano saudável.

Projetos que aplicam as bases fundamentais da Ecologia Urbana e o uso eficiente dos serviços e funções ecossistêmicas foram muito utilizados em diversas cidades da Europa desde o início do século XX, como na França por Le Corbusier, ou anteriormente por Ebenezer Howard e Patrick Geddes na Inglaterra e Frank Lloyd Wriqth e como dito anteriormente, por Olmsted nos Estados Unidos, sendo os projetos desses planejadores urbanos tendo sido replicados em outras partes do mundo.

Por exemplo, em 1898 a primeira versão de um livro escrito por Ebenezer Howard, apresentava o conceito de Cidades-Jardins do Amanhã ¹(Garden Cities of To-morrow), onde se propunha o equilíbrio entre o campo e a cidade, aliando os benefícios de viver em uma cidade e a qualidade de vida no campo.

Esse conceito de intervenção urbanística é presente no Brasil no bairro do Jardins em São Paulo e em Maringá no Paraná. Contudo, como destaca Herzog (2013), a ideia foi desvirtuada em sua essência devido aos interesses imobiliários e comerciais locais.

Ainda segundo a autora, no Brasil, o Estatuto das Cidades de 2001 e a Agenda 21, basearam-se na obra de Patrick Geddes (Cidades em Evolução de 1915), que tinha como principal prer-

1 As Cidades Jardins do Amanhã é um sistema de multicentralidade entre o campo e a cidade, com limitações demográficas e um padrão de consumo onde todos fornecem suprimentos para o suporte de vida e destinam a reutilização dos resíduos gerados. Segundo Stricklin (2000), as Cidades Jardins seriam a primeira versão do conceito de cidades sustentáveis da atualidade.

rogativa o processo participativo no planejamento dos projetos urbanos, levando a criação do termo conurbação.²

No Brasil, na segunda metade do século XX, a ideia de cidades que consolidassem a melhoria das condições socioambientais urbanas, deu lugar ao planejamento urbano funcionalista a exemplo do plano piloto de Brasília elaborado pelo arquiteto urbanista Lúcio Costa e impondo como propósito da cidade ser um ambiente humano por excelência, dinâmico e em permanente transformação.

Assim, as transformações das paisagens urbanas na segunda metade do século XX no Brasil, acompanham, como em todo o mundo, a tendência da economia nacional. Neste período, no país iniciava-se a etapa da industrialização de bens “duráveis”, principalmente automóveis. De acordo com Silveira (1998), a indústria automobilística teve forte influência na forma com que as cidades brasileiras passaram a ser estruturadas, mas também na qualidade de vida urbana, uma vez que a urbanização passou a priorizar a circulação de carros próprios e desarticulando os meios de transportes coletivos da época, a exemplo dos bondes.

Assim, ainda segundo o autor, a combinação do capital estrangeiro das montadoras e a industrialização proporcionaram a geração de empregos na cidade e a redução da oferta de trabalho no campo, levando a completa transformação das paisagens urbanas brasileiras para atender essa expansão industrial. Neste contexto, por falta de planejamento adequado e eficaz, parte da população com menos recursos financeiros, ocuparam áreas de

2 Conurbação é a formação de regiões metropolitanas das cidades a partir da unificação das malhas urbanas de duas ou mais cidades.

risco e vulneráveis ambientalmente, com riscos de inundação e deslizamentos.

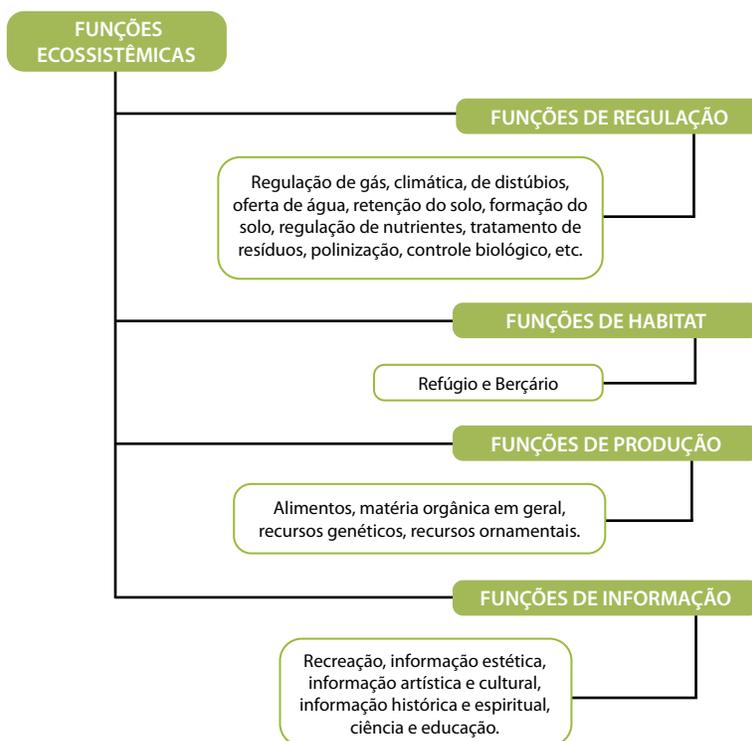
Tal fato veio evidenciar a necessidade de que para se discutir a problemática dos rios urbanos, é necessário discutir como ocorreram as modificações nos espaços urbanos baseando-se pelo contexto social e econômico da época e pela ação ou omissão das políticas públicas municipais do Estado ou Município. Bastos (2010) destaca que, o Município tem autonomia em matéria urbanística ambiental de interesses locais, mas não prevalência na gestão dos recursos hídricos, por isso o planejamento urbano nas cidades, apresenta certa dificuldade em sua efetivação, devido a partilha político-administrativa do território fluvial, transformando os rios em um entrave ambiental para o crescimento da malha urbana.

Por essa ótica, quando o município não conseguia agir efetivamente na gestão integrada dos interesses locais e dos rios urbanos (um bem difuso da sociedade), esta passa a atuar como um agente de efeitos negativos à sociedade, causando transtornos coletivos no ambiente urbano, como enchentes que alagam ruas, causam deslizamentos de barreiras, gerando desabrigados e aumentando as chances da população em contrair doenças de veiculação e transmissão hídrica.

Contudo é necessário destacar que o rio urbano tem funções ecossistêmicas extremamente relevantes para o ambiente das cidades, como as redes naturais de drenagem, recebimento de efluentes, zonas de amenização ambiental, etc. No caso específico dos corpos hídricos é possível identificar 4 funções ecossistêmicas básicas, segundo De Groot, (2002), (Figura 2.1),

Função de Regulação, Funções de Habitat, Funções de Produção e Funções de Informação.

Figura 2.1 – Diagrama Esquemático de Funções Ecosistêmicas



Fonte: adaptado de De Groot *et al.* (2002, p. 396-397)

Nessa perspectiva de serviços e funções ecosistêmicas dos rios urbanos, a cidade, segundo Wilhelm, (2003) “...é um organismo dotado de vida, uma estrutura complexa, suportando uma infinidade de atividades que a transformam constantemente”.

No caso de um rio essencialmente urbano, que permeia áreas altamente desenvolvidas nos termos do crescimento das cidades, a descrição de cada uma das funções ecossistêmicas é interligada e não fragmentada, pois todos os aspectos estão presentes na cidade, havendo uma diferença dos rios que apenas margeiam um território urbano e não apresentam os mesmos impactos.

Silveira (1998), ressalta que as cidades brasileiras sofreram desde o final do século XIX, profundas alterações em seu suporte geobiofísico através de técnicas higienistas, utilizando soluções de engenharia não compatíveis com os processos e fluxos naturais, sobretudo quando se trata de recursos hídricos, pois ao se introduzir em um sistema natural de drenagem da água, um sistema de macrodrenagem que tenta retificar de acordo com a necessidade de demandas urbanas específicas, a dinâmica ambiental de equilíbrio, torna-se imprevisível no âmbito das cidades.

Assim, o conceito de Ecologia Urbana³ e a relação com os serviços ecossistêmicos que permeia este trabalho, estão em consonância com os aspectos da Gestão da Bacia Ambiental e o uso do Índice de Sustentabilidade proposto pelo *Dashboard Sustainability*, abordados nesta pesquisa, pois a Ecologia Urbana, estuda os processos e fluxos complexos da estrutura urbana, introduzindo indicadores ambientais e de sustentabilidade aplicados às cidades, e no contexto específico desta tese, os rios urbanos, definindo critérios e diretrizes para a gestão eficaz dos corpos hídricos nas cidades.

3 Sukopp (1998) define como Ecologia Urbana o estudo da biosfera em povos e cidades utilizando métodos ecológicos.

Canepa (2007), presume então, que a gestão e o planejamento das cidades que considerem a Ecologia Urbana como uma ferramenta metodológica urbanística para a implementação de Políticas Públicas Urbanas que tratem sobre o uso e ocupação do solo, o zoneamento de áreas de preservação e recuperação, pode garantir a elevação da qualidade de vida dos cidadãos.

Assim, é possível afirmar, que a “espinha dorsal” dos problemas dos rios urbanos no desenvolvimento das cidades em seus aspectos de preservação ambiental, equidade social e crescimento econômico, advém das ações ou omissões da esfera político-administrativa das instituições do Estado e do Município, que refletem na população através do desempenho de indicadores sociais e econômicos. Ou seja, o conflito gerado entre o crescimento da malha urbana e os rios ou demais fatores provenientes de ecossistemas naturais caracterizados como Áreas de Preservação Permanente, é iniciando, quando as instâncias políticas e de gerenciamento municipal, não atuam no interesse coletivo do equilíbrio das diretrizes da sustentabilidade urbana, preceito essencial na busca da “Cidade Sustentável”, afirma Canepa (2007).

A busca por um ambiente urbano sustentável, é iniciado segundo Bremer (2001), pela (re) ordenação do espaço urbano a partir do direito à cidadania, na administração democrática das cidades e na função social da propriedade, associados à mecanismos mínimos de manutenção dos estoques de recursos naturais intra e intergeracionalmente.

Bremer (2001) ainda destaca que:

Dependerá do Poder Público e da Sociedade exigir e aplicar urgentemente a dimensão ambiental nas

Políticas Públicas Urbanas em todas as esferas de poder, especialmente na esfera municipal, pois esta é a que possui maior proximidade na percepção dos conflitos urbanos. (Bremer, 2001, p. 5).

Contudo, os estímulos para a implantação de diretrizes e mecanismos para uma cidade que busca o equilíbrio sustentável em seu desenvolvimento já possui premissas legalmente institucionalizadas por diversos documentos e leis, como a Agenda 21 Local, que deveria nortear as ações dos gestores públicos.

A exemplo da última Consulta Nacional Brasileira da Agenda 21 em 2004 (Quadro 2.1), realizada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional são apresentados em forma de uma matriz – síntese o conjunto de linhas estratégicas por dimensão da agenda estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente para as cidades sustentáveis.

Mais recentemente, em 2010, a ONU através de seu programa ONU- HABITAT, lançou a Campanha Urbana Mundial, com o objetivo de informar e conscientizar a população mundial sobre a necessidade de as cidades serem mais sustentáveis, menos desiguais e que os principais serviços básicos urbanos (saneamento, saúde pública, segurança, etc.) sejam mais eficientes.

Quadro 2.1 – Linhas Estratégicas da Agenda 21

DIMENSÕES	LINHAS ESTRATÉGICAS				
GEO-AMBIENTAL	Uso sustentável, conservação e proteção dos recursos naturais.	Ordenamento territorial.	Manejo adequado dos resíduos e efluentes.	Manejo sustentável da biotecnologia.	
SOCIAL	Medidas de redução das desigualdades e de combate à pobreza.	Proteção e promoção das condições de saúde humana e seguridade social.	Promoção da educação e cultura, para a sustentabilidade.	Proteção e promoção dos grupos estratégicos da sociedade.	
ECONÔMICA	Transformação produtiva e mudança dos padrões de consumo.	Inserção econômica competitiva.	Geração de emprego e renda reforma agrária e urbana.	Dinâmica demográfica e sustentabilidade.	
POLÍTICO INSTITUCIONAL	Integração entre desenvolvimento e meio ambiente na tomada de decisões.	Descentralização para o desenvolvimento sustentável.	Democratização das decisões e fortalecimento do papel dos parceiros do DS.	Cooperação, coordenação e fortalecimento da ação institucional.	Instrumentos de regulação.
DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO	Desenvolvimento tecnológico e cooperação, difusão e transferência de tecnologia.	Geração, absorção, adaptação e inovação do conhecimento.	Informação para a tomada de decisão.	Promoção da capacitação e conscientização para a sustentabilidade.	

Fonte: Resultado da Consulta Nacional, 2ª Edição, Ministério do Meio Ambiente, Cidades Sustentáveis: Subsídios à elaboração da Agenda 21 Local Brasileira, p. 21

A campanha ainda inclui os Programas de Água e Saneamento para as Cidades, a gestão de resíduos sólidos, a formação e o fomento de capacidades dos dirigentes locais e a pesquisa e o monitoramento do desenvolvimento econômico urbano. E esses programas são baseados na Declaração de Vancouver sobre Assentamentos Humanos e na Declaração sobre Cidades e Outros Assentamentos Humanos no Novo Milênio.

Suas diretrizes associadas as Linhas Estratégicas da Agenda 21 e ao se estabelecer um cronograma para ser implementado até o ano de 2030, com 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, composto de 169 metas e no ambiente das cidades é possível destacar o exposto no quadro 2.2.

Maricato (2001), em sua obra, *Cidades: alternativas para a crise urbana*, discute exatamente as estratégias para o enfrentamento das questões urbanas ambientais como ideia embrionária da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, reforçando a ideia da proteção dos recursos naturais e sobre os recursos hídricos urbanos, por se tratarem de recursos estratégicos.

Quadro 2.2 – Objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável das cidades.

OBJETIVOS	DESCRIÇÃO
SAÚDE DE QUALIDADE	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
ÁGUA LIMPA E SANEAMENTO	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

EMPREGOS DIGNOS E CRESCIMENTO ECONÔMICO	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.
CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
VIDA DEBAIXO D'ÁGUA	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
VIDA SOBRE A TERRA	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Fonte: Resultado da Consulta Nacional, 1ª Edição do Guia sobre Desenvolvimento Sustentável, Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas.

Assim, a sustentabilidade do Ecossistema Urbano em toda sua amplitude, significa buscar estratégias e mecanismos para o equilíbrio entre as dimensões da sustentabilidade envolvidas na qualidade de vida e qualidade ambiental e a água, na sua forma de rios, córregos, riachos e lagoas, se caracteriza como esse elemento integrador socioambiental urbano, pois a sua importância no fornecimento das funções ecossistêmicas urbanas é essencial para o crescimento e consolidação da cidade.

Por exemplo, dependendo das intervenções urbanísticas feitas pelo gestor, o rio pode ser um fator limitante ou de crescimento da cidade. O poder público precisa fornecer e garantir qualitativamente e quantitativamente os serviços de saneamento

(coleta, transporte e tratamento de efluentes) e de abastecimento de água, bem como garantir a segurança, o mapeamento e o zoneamento das áreas de riscos de uma cidade em relação a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de barreira.

Ambos os serviços do poder público têm impacto ou reflete nos corpos hídricos e em suas bacias hidrográficas através de suas redes de drenagem ou do seu enquadramento de qualidade da água. Mas a não intervenção em determinadas áreas de adensamento da população nas cidades devido à presença dos rios, limita o avanço urbano por serem áreas protegidas por lei.

Um exemplo brasileiro desta não intervenção ou omissão foi o processo de eutrofização das lagoas da baixada de Jacarepaguá⁴, no Rio de Janeiro, que gerou uma alteração de funcionalidade do sistema lagunar. O poder público, ao permitir a ocupação desordenada da baixada, das encostas, onde o desmatamento, o lançamento indevido de efluentes líquidos domésticos e resíduos sólidos no sistema, fez com que fosse erradicada a vida marinha e a alteração severa em sua vegetação original, alterando o equilíbrio dinâmico entre os ecossistemas.

Mas o ideal de sustentabilidade urbana de acordo com Leite (2012) é aquele em que o gestor público estabelece projetos de intervenção de equilíbrio e harmonia entre o ambiente natural e urbano, potencializando os serviços e funções ecossistêmicas

4 As lagoas da baixada de Jacarepaguá são um sistema lagunar que recebe um volume de água dos maciços de Pedra Branca e da Tijuca por sua rede hidrográfica integrada, as águas são salobras e tinham suas margens protegidas de erosão e contaminações devido a vegetação de mangue. As regulares trocas flúvio-marinhas do sistema, garantiam o suporte à vida aquática aos mangues e aos ecossistemas secundários próximos. Maricato (2001)

em benefício da população e do meio ambiente, valorizando a presença de recursos naturais essenciais às necessidades urbanas.

No quadro 2.3 a seguir são descritas algumas experiências urbanas internacionais e nacionais, que tiveram êxito nessa articulação entre o natural e o urbano em ambientes de cidades especificamente com o tema água, gerenciamento de recursos hídricos, planejamento urbano e proteção de áreas naturais.

Quadro 2.3 – Experiências urbanas de gestão integradas nas cidades

TEMAS	EXPERIÊNCIAS
Planejamento urbano e uso sustentável do solo	Em Stuttgart, na Alemanha, cerca de 60% da cidade é coberta de verde. Além disso, as correntes de ar foram mapeadas e circulam por corredores verdes e áreas abertas que fazem parte da estrutura urbana.
Proteção e valorização de recursos naturais	Estratégia de Biodiversidade Urbana para a Natureza de Helsinki/Finlândia: Programa de conservação de recursos naturais, gestão conjunta com a comunidade e vinculada a atividades de educação ambiental.
Conservação de água, recursos naturais e energia	Em Seul/Coreia do Sul vias e viadutos foram demolidos para revitalizar o rio <i>Cheonggyecheon</i> localizado em área central.
Saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e manejo de águas pluviais)	Uma comunidade na cidade de Didcot, na Inglaterra, realiza o tratamento do seu esgoto doméstico por meio de bactérias anaeróbias, os resíduos são transformados em adubo e biogás utilizado no sistema de calefação. A cidade de Salisbury/Austrália, criou instalações de captação de águas pluviais que passa por áreas úmidas para diminuir seu fluxo e realizar a sua limpeza.

Gestão integrada de recursos hídricos	Na região da Catalunha/Espanha por iniciativa de sete municípios, que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Ter, foi organizado o Consórcio Alba- Ter.
Planos de Recuperação de rios nos Estados Unidos e Canadá	Rio Don (Bring Back the Don) (Canadá) Rio Los Angeles (EUA) Rio Anacostia (EUA)
Planos de Recuperação de rios no Brasil	Projeto Beira – Rio (São Paulo) Plano de Bacia do rio Cabuçu de Baixo (São Paulo) Parque Mangal das Garças (Belém)
Planejamento Urbano e Uso Sustentável do Solo – Proteção e Valorização de áreas naturais	Plano Diretor de 1994 em Natal/RN
Planejamento Urbano e Uso Sustentável do Solo – Gestão integrada	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte na RMBH/MG

Fonte: Elaboração própria a partir dos Resultado da Consulta Nacional, 2ª Edição, Ministério do Meio Ambiente, Cidades Sustentáveis: Subsídios à elaboração da Agenda 21 Local Brasileira, p. 22.

No início do século XX até a década de 1930, segundo Marcondes (1999), o modelo adotado para a proteção dos recursos hídricos no Brasil era o de preservação total, e como método mais usual para a preservação dos corpos hídricos, eram utilizadas as desapropriações de todas as bacias hidrográficas, que contribuíam para os mananciais de abastecimento, contudo, os altos custos e demanda por territórios nas grandes cidades, inviabilizaram a continuação desta política.

Mesmo havendo esses mecanismos legais e institucionais e experiências de sucesso na gestão integrada dos recursos hídricos urbanos, é possível evidenciar em muitas cidades (João Pessoa, como exemplo) a ruptura entre a relação dos cursos d'água e o ambiente urbano, ruptura que ocorre devido aos indicadores de expansão urbana e desarticulação entre os agentes públicos para a recuperação ⁵dos rios.

Tendo em vista, que segundo Gorski, (2010), os planos de recuperação de rios, propõem a recuperação das funções ecossistêmicas, adequando o corpo hídrico, as pressões da evolução urbana.

Segundo a URBEM (2004), é possível haver três tipos de intervenção em relação aos cursos dos rios.

- 1** – A restauração: que visa reestabelecer a condição original do rio, no tocante a suas características físicas, químicas e biológicas, ou seja, retornas as condições estruturais e funcionais pré impactos antrópicos.
- 2** – A reabilitação: que seria a melhoria parcial das condições estruturais e/ou funcionais pré degradação, trazendo de volta o equilíbrio funcional do ecossistema fluvial.
- 3** – A renaturalização: que objetivaria recriar um ecossistema fluvial natural, sem restabelecer a condição original (pré estado antrópico) do curso d'água.

5 Segundo a URBEM, 2004 (Urban River Basin Enhancement Methods) Programa da Comissão Europeia dedicada ao estudo das bacias hidrográficas urbanas, a recuperação seria a melhoria do estado atual do curso d'água e de seu entorno, tendo como objetivo, a valorização das propriedades econômicas, ambientais, sociais e estéticas do rio.

Para o gestor público a opção de algum desses métodos de recuperação para os rios urbanos, é permeado de outras diretrizes, como a orçamentária, a social, se existem comunidades ribeirinhas que sofrem com a falta de estrutura sanitária, ou se houve apropriação indevida das margens do rio e a retirada dessas pessoas gera outro impacto social, etc. Isso é capaz de romper a percepção da sociedade em relação a importância da preservação do rio, agravando os problemas entre o rio e o ambiente urbano.

Tucci (2006) ainda aborda de maneira crítica o planejamento do espaço urbano no Brasil e sua relação com os recursos hídricos, que por via de regra possuem seus usos limitados à abastecimento de água, transporte e tratamento de efluentes de maneira desarticulada, despreparada e subdimensionada, para suportar o crescimento da população urbana, bem como o uso de métodos ineficazes, tradicionais e insustentáveis incapazes de suportar a complexidade do regime hidrológico local e que segundo o autor foram abandonados pelos países desenvolvidos a mais de 30 anos.

Como o foco deste trabalho foi o meio urbano, foi necessário pontuar os impactos, dificuldades e problemáticas da dinâmica sócio espacial da urbanização, como fator de ruptura da cidade com os rios.

De acordo com Gorski (2010), o rio ainda atua como coadjuvante de outros elementos para a formação da paisagem natural e cultural, como a topografia, solo, modelagem do relevo e vegetação.

A importância do rio para a paisagem urbana é destacada por Costa (2006), pois estes tem muito a oferecer, muito além de

água, segundo a autora, pois como as paisagens fluviais foram sendo apropriadas como paisagens urbanas para promover a circulação de pessoas e outros usos (lazer, transporte), visualizar, perceber ou “ler” a paisagem urbana através de sua bacia hidrográfica, propiciaria um melhor entendimento da dinâmica ambiental da paisagem entre os rios a sociedade e a evolução histórica de ambas.

Contudo, como estudado por Sorre (1962) a paisagem urbana expressa o conjunto de elementos que desempenham um papel na formação e crescimento da cidade localizada em um determinado lugar, entendo que o desenho da paisagem urbana, não foi baseado nos traçados dos cursos d’água, mas havendo a necessidade de adaptar-se à rede hidrográfica, caracterizando para a sociedade, o rio como um obstáculo.

Saraiva (2005) chama a atenção para os processos que afetam e condicionam o regime dos corpos hídricos em relação às variáveis espaço – temporais do lugar, inserindo a percepção de avaliação estética e de valoração ambiental dos rios, como fator integrador da problemática dos rios nas cidades, ou seja, a percepção dos atores sociais, dos cidadãos é algo tão determinante para o rio, como as condições técnicas a que este está submetido durante o processo de evolução urbana advinda das consequências da intervenção antrópica.

Fadigas (2005) reforça a importância da percepção social como fator inerente aos rios urbanos.

As paisagens urbanas fazem-se e desfazem-se, evoluem, ganham e perdem complexidade, por ação conjugada do homem e da natureza. Nelas se ligam interativamente comportamentos quí-

micos, físicos e biológicos. Com uma intervenção humana que direta ou indiretamente, condiciona e interfere em o ciclo e o percurso da água, tornando – o fácil, suave, controlado e aproveitando dela o máximo como recurso essencial à vida ou, pelo contrário, acelerando-o e fazendo – o violento, caprichoso, capaz das maiores destruições” (FADIGAS, 2005, p. 35).

Costa (2006) reafirma ainda mais a importância da valoração ambiental do rio como elemento mutante da paisagem urbana, pois considera o rio, mais do que apenas um elemento da dinâmica de drenagem e saneamento, sendo a bacia hidrográfica a unidade de gestão espacial paisagística indissociável ao ambiente fluvial urbano.

Como dito anteriormente, a problemática dos rios urbanos não pode ser desvinculada da dinâmica da produção do espaço, pois ao impactar negativamente na qualidade social, cultural e ambiental das cidades, distribuindo os riscos, de maneira desigual a sociedade como um todo, sendo essa reflexão observada por Coelho (2001), onde a ecologia política é responsável por visualizar os impactos biofísicos inerentes aos impactos sociais.

Essa afirmação é completada por Gorski (2010), ao se apresentar como fator de potencialização dos impactos urbanos sobre os rios, a poluição difusa por vias indiretas, advinda das redes de drenagem urbana⁶, remoção de vegetação marginal ou matas ciliares, ou por vias diretas, como uso e ocupação do solo ao longo

6 Segundo Gorski, (2010), a rede de drenagem urbana é um dos maiores difusores da poluição, bem como um dos geradores de calamidade pública nas áreas urbanizadas na estação das chuvas.

dos cursos dos rios, lançamento indevido (qualitativa ou quantitativamente) de efluentes domésticos, industriais ou agrícolas.

Na prática, é possível concluir após expor a discussão neste tópico, é que o principal problema dos rios urbanos no ou para o desenvolvimento das cidades é a desarticulação das diretrizes políticas com os projetos técnicos de harmonização paisagística com vistas a preservação dos ambientes naturais e o fortalecimento dos potenciais usos dos recursos naturais na promoção da sustentabilidade, bem como a ínfima valorização dos rios pela sociedade.

CONCLUSÃO

Os rios urbanos nas cidades encaram a falta de gestão integrada de governos, com as comunidades locais e a desarticulação das diretrizes políticas com os projetos técnicos de harmonização paisagística, levando a transtornos coletivos no ambiente urbano.

As interações são complexas e multifacetada, moldando a cidade e seu entorno de maneiras profundas, que vai além das questões técnicas e exige considerar as dimensões sociais, econômicas e ambientais, político e institucional.

Nesse contexto, a Ecologia Urbana emerge como um campo de estudo essencial, que busca harmonizar a paisagem natural com a paisagem urbana já consolidada, contribuindo para a preservação dos rios por meio da estrutura urbana, introduzindo indicadores ambientais e de sustentabilidade aplicados às cidades.

Corroboramos com a utilização dessa ferramenta metodológica de políticas públicas urbanas, pois trata sobre o uso e ocupação do solo, delinea o zoneamento de áreas de preservação e recuperação ambiental, bem como define um paisagismo urbano adequado, influência nos serviços de infraestrutura, além do tratamento de efluentes, garantindo a elevação da qualidade de vida dos cidadãos.

A constatação de experiências urbanas mostra que a integração eficaz de serviços e funções ecossistêmicas é possível e benéfica para as cidades. No entanto, a história também revela que a falta de planejamento adequado, a ocupação desordenada de áreas de risco e a crescente pressão sobre os recursos hídricos urbanos são desafios a serem enfrentados. Desse modo, concluo que a busca por cidades sustentáveis se torna uma prioridade global e essa agenda enfatiza a necessidade de tornar as cidades mais sustentáveis, inclusivas e resilientes, reconhecendo que a água desempenha um papel central nesse processo.

REFERÊNCIAS

- BASTOS, C. **Curso de Direito Constitucional**. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.
- BEATLEY, T. **Green Urbanism: Learning from European Cities**. Washington, DC. Island Press, 2000.
- BRASIL. AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2a ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>. Consultado em: Acesso em 05/11/2014

BREMER, U. F. **Rumo as cidades sustentáveis**. IV CNP. Congresso Nacional de Profissionais, 2001 – CONFEA, p. 5.

CANEPA, C. **Cidades Sustentáveis**. O município como *locus* da sustentabilidade. Editora RCS. São Paulo, 2007.

COELHO, M. C. N. **Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa**. Em A. J. T guerra e S. B Cunha (org.) Impactos ambientais urbanos no brasil (rio de janeiro) Bertrand, Brasil (2001).

COLDING, J. **The role of ecosystems services in contemporary urban planning**. IN: NIEMALÁ, Jari. (Org.) Urban Ecology: patterns, process and applications. Oxford: Oxford University Press, 2011.

COSTA, L.M. S. A. (org.) **Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras**. Rio de janeiro: Viana & Mosley/Proub, 2006.

DE GROOT, R.S., WILSON, M.A. BOUMANS, R.M.J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics v. 41, p. 393-408, 2002.

DIAS, G. F. **Pegada Ecológica e sustentabilidade humana**, São Paulo, Brasil, 1ª Edição, Editora Gaia (2002).

EGITO, J. C. *et al.* **Conservação do urbano e suas interfaces: atuação no Parque Sólon de Lucena**. In: PIZZOL, K. M. *et al.* Dinâmica Urbano Ambiental da Cidade de João Pessoa-PB: Abordagens multidisciplinares. João Pessoa, Editora UFPB. 2006.

ELMQVIST, T. **Introduction of Section 4: Ecosystems, ecosystems services and social systems in urban landscapes**. In: NIEMALÁ, J. (Org.) Urban Ecology: patterns, process and applications. Oxford: Oxford University Press, 2011.

FADIGAS, L. **A água e a arquitetura da paisagem, em cadernos da faculdade de arquitetura da universidade técnica de Lisboa**: Arquitetura, paisagem e água, nº 4, Lisboa, abril de 2005, p. 35.

GORSKI, M. C. B. **Rios e Cidades: Ruptura e Reconciliação**. Editora SENAC. São Paulo, 2010.

- HELLMUND, P. C, SMITH, D. S. Designing greenways: Sustainable landscapes for nature and people. Washington, DC: Island Press, 2006.
- HERZOG, C. P. **Cidade para todos. (Re) aprendendo a conviver com a natureza.** 1 edição – Rio de Janeiro: Maud X: Inverde, 2013.
- LEITE, C. AWAD, J. C. M. **Cidades Sustentáveis, cidades inteligentes:** desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre, editora Bookman, 2012.
- MARCONDES, M. J. **Cidade e natureza:** proteção dos mananciais e exclusão social (São Paulo): Studio Bobel/Edusp/Fapesp, 1999.
- MARICATO, E. **Brasil, Cidades:** alternativas para a crise urbana. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.
- SARAIVA, M. G. A. N. **Da paisagem à arquitetura, um percurso através da água, em cadernos da faculdade de arquitetura da universidade técnica de Lisboa:** Arquitetura, paisagem e água, nº 4, Lisboa, abril de 2005, pp 20 -33.
- SILVEIRA, A. L. R. C; ROMERO, M. A. B. **Indicadores de Sustentabilidade Urbana.** IX Encontro Nacional da Associação de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR, 2005.
- SORRE, M. **El Paisaje urbano.** Buenos Aires: Ediciones 3, 1962.
- STRICKLIN, C. **Adpating the garden cities concept.** Florida, APA National Planning Conference, Orange County Planning Divisions, 2000.
- SUKOPP, H. **Urban Ecology** – scientific and practical aspects Urban Ecology. Berlim: Springer, 714, p. 57, 1998.
- TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L.; Barros, M. T. (orgs.) **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento para todos,** 4, Brasília: Ministério das cidades, 2006.

URBEM. Urban River Basin Enhancement Methods. **Programa da Comissão Europeia para Bacias Hidrográficas**, 2004.

WILHEM, J. Cidades: **O substantivo e o adjetivo**. São Paulo: Perspectiva, 2003.

CAPÍTULO 3

SEGURANÇA ALIMENTAR NO SEMIÁRIDO: O PAPEL DOS POLINIZADORES NA AGRICULTURA FAMILIAR

Milena Almeida Vaz

Denise Dias da Cruz

Danielly Vasconcelos Travassos de Lima

Tamaris Gimenez Pinheiro

O semiárido brasileiro é caracterizado por apresentar clima com precipitações escassas e irregulares, elevadas temperaturas, altas taxas de evapotranspiração e solos rasos com baixa capacidade de retenção de água. Esses fatores, combinados, contribuem para a escassez de recursos hídricos superficiais na região (Costa *et al.*, 2006).

Segundo a Resolução N. 150/2021 do Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (CONDEL/SUDENE), atualmente 1.427 municípios estão incluídos nessa região, distribuídos em nove estados da região Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e um estado da região Sudeste (Minas Gerais) (Brasil, 2021a). Esse quantitativo representa um aumento de 17% do número de cidades caracterizadas pelo clima semiárido, número esse que tende a aumentar considerando as mudanças climáticas emergentes das ações antrópicas (Brasil, 2021b).

Soma-se às peculiaridades do semiárido brasileiro, o fato de ser considerado o mais populoso do planeta (Silva, 2003; Malvezzi, 2007, p.106; 2006; Cunha *et al.*, 2017). Essa alta densidade populacional, aliada à limitação hídrica anual exercem elevadas pressões sobre os recursos naturais, prejudicando o desenvolvimento econômico (Rufino., 2017; Carvalho *et al.*, 2018) e contribuem para crises regionais, como a baixa dinâmica econômica e o alto índice de fome em grande parte da população sertaneja (Ab'Sáber, 1999; Lima *et al.*, 2018).

Como comumente observado em regiões com baixo desenvolvimento econômico, uma das principais atividades econômicas desenvolvidas no semiárido é a agricultura de base familiar. Essa atividade é realizada com um baixo grau de tecnificação, elevando assim a dependência pelos recursos naturais, fator que contribui para que essa seja a região brasileira com os menores índices de desenvolvimento social e econômico (Angelotti; Signor; Giongo, 2015).

A agricultura familiar constitui a base econômica de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes; responde por 35% do produto interno bruto nacional; e absorve 40% da população economicamente ativa do país. Na região semiárida do Brasil, foram identificadas 1,83 milhão de estabelecimentos agropecuários de base familiar (IBGE, 2017). No entanto, apesar da importância que a agricultura familiar tem para a geração de postos de trabalho, verifica-se que os estabelecimentos de agricultura familiar do semiárido ocupam área menor (41,3% do total) que os de agricultura patronal (58,7%), que gera apenas 24,7% dos postos de trabalho (IBGE, 2017).

Além disso, a importância da agricultura de base familiar se torna ainda mais evidente quando se analisa a produção de alimentos no país. Segundo IBGE (2017), 70% de todo alimento de consumo direto no Brasil é produzido pelos agricultores familiares. Tal desempenho ilustra a sua contribuição vital para a ampla diversidade de alimentos que assegura tanto a subsistência econômica quanto nutricional das famílias que dependem dessas atividades. Dessa forma, a agricultura de base familiar emerge como um pilar robusto na consecução da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), consolidando-se como um instrumento fundamental na garantia do acesso a uma ampla variedade de produtos alimentícios, essenciais para a saúde e o bem-estar das populações envolvidas (CONSEA, 2004).

A SAN consiste no direito ao acesso constante que as pessoas devem ter à uma alimentação segura, em quantidade e qualidade adequadas, que atenda às suas necessidades nutricionais, em um ambiente com saneamento e cuidados de saúde apropriados, promovendo uma vida saudável e ativa (FAO, 2012). Neste contexto, a segurança alimentar está intrinsecamente ligada ao crescimento da produção de agricultura familiar, que demanda não apenas insumos para a atividade, mas também a consideração dos serviços ecossistêmicos, que exercem um impacto direto e significativo à diversas culturas (Tscharntke *et al.*, 2012).

Os serviços ecossistêmicos proporcionam benefícios à humanidade, desempenhando um papel fundamental na promoção do seu bem-estar (MEA, 2005). A polinização é um desses serviços ecossistêmicos e para a agricultura apresenta relevância primária na conservação de espécies e suprimento da população (Giannini *et al.*, 2015a), uma vez que cerca de 67% a 96% das plantas

dependem de animais para sua reprodução (Ollerton; Winfree; Tarrant, 2001). Na agricultura, a polinização é responsável por 1/3 da produção de alimentos consumidos no mundo (Rech *et al.*, 2014).

A dependência de polinização é definida pelo quanto da produção é incrementada pela ação dos polinizadores, portanto essa dependência pode variar de forma gradativa, sendo desde ausente, para aquelas plantas que possuem alta capacidade de se autopolinizar ou produzir frutos sem a presença do polinizador até essencial para culturas que necessitam do polinizador para a produção dos frutos (Klein *et al.*, 2007; Giannini *et al.*, 2015b). Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi identificar as principais culturas dependente em algum grau dos polinizadores, bem como associar o efeito da polinização dessas culturas à segurança alimentar no semiárido do Piauí, Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi desenvolvido baseado nas culturas agrícolas produzidas por 35 agricultores (as) familiares: 10 famílias camponesas provenientes das comunidades Lagoa Seca e Engano dos Rodrigues, município de Santana do Piauí, associados ao Movimento Internacional da Juventude Agrária Rural e Católica (MIJARC-Piauí) e 10 famílias pertencentes à Associação de Mulheres Agricultoras Familiares da Comunidade Rural São José dos Cocos, do município de Ipiranga do Piauí. Ambas comunidades estão localizadas na micro região de Picos-PI (7° 04' 37" S 41° 28' 01" O).

A classificação foi feita baseada em dados da literatura e os alimentos foram classificados em não dependentes e dependentes de polinizadores. Para essa última categoria, a dependência foi classificada conforme o grau em: essencial (0,90 – 1,00), dependente (0,40 – 0,65), moderado (0,10 – 0,25) e baixa (0,01 – 0,10) considerando critérios estabelecidos por Gallai e Vaissière (2009).

Foi realizada a identificação dos nutrientes das culturas dependentes de polinizadores, utilizando os dados da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2011), contemplando os macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídios), fibra alimentar, minerais (cálcio, ferro, magnésio, potássio e zinco) e vitaminas (vitamina B2 (riboflavina), vitamina B6 (piridoxina) e vitamina C (total)).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os agricultores produzem 64 culturas, das quais 42 (65,6%) não dependem de polinizadores para sua polinização, sendo elas folhas, raízes, flores, frutos. As demais 22 culturas (34,4%) são dependentes em algum grau dos polinizadores (Figura 1).

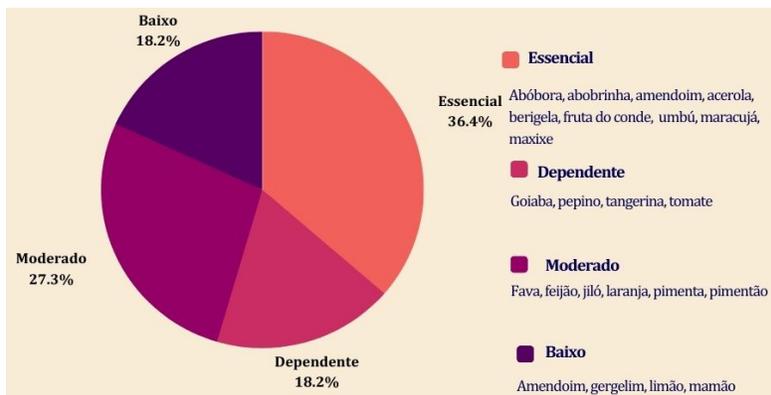
Com relação ao grau de dependência, 36% são classificados como dependentes essencial, 27% são dependentes e 18% possuem moderada/baixa dependência (Figura 3.1; Tabela 3.1). A polinização é considerada um dos serviços ecossistêmicos de maior contribuição para biodiversidade e para a produção de alimentos (Gallai *et al.*, 2009; Potts *et al.*, 2016) e podemos notar que sem a polinização uma parcela significativa da produção

dos agricultores familiares das comunidades seria impactada negativamente, afetando na sua alimentação e renda.

Estudos ainda afirmam que 80% das 250.000 angiospermas globais dependem da polinização mediada por animais para a reprodução, sendo os insetos os principais responsáveis pela polinização (Rodger *et al.*, 2021). Esse serviço é tão importante que, quando disponível com qualidade, pode aumentar em volume, aproximadamente, 35% da produção (Klein *et al.*, 2007). A alta diversidade de polinizadores não só melhora o rendimento das colheitas (Klein, Steffan-Dewenter e Tscharrntke, 2003; Campbell *et al.*, 2022), mas contribui com 1/3 da produção alimentar humana (Roubik, 2018).

Os serviços de polinização realizado por abelhas são fundamentais para melhorar a qualidade da produtividade e percebemos que mais de 1/3 das culturas produzidas pelas comunidades estudadas são dependentes desses animais. Por exemplo, estudos realizados com a cultura do tomate concluíram que as flores polinizadas por abelhas obtiveram frutos de melhor qualidade, aumento da produtividade (aumento de peso e tamanho), além de possibilitar a uniformização do seu amadurecimento (Gaglianone *et al.*, 2015; Nascimento *et al.*, 2012). No Brasil, esse serviço está valorado em, aproximadamente, U\$12 bilhões, equivalente a 30% da renda agrícola anual do país (Giannini *et al.*, 2015a).

Figura 3.1 – Porcentagem dos produtos agrícolas de base familiar cultivados nos municípios de Santana do Piauí e Ipiranga do Piauí, semiárido piauiense, que são dependentes de polinizadores. O grau de dependência foi estabelecido conforme Gallai e Vaissière (2009).



Fonte: Autoras (2023).

Nossos resultados mostram que as culturas dependentes dos serviços ecossistêmicos de insetos polinizadores podem impactar na produção dos agricultores(as), caso esses polinizadores deixem de ofertar seus serviços de polinização (Figura 3.1). Uma das culturas de grande interesse econômico da região e que faz parte da alimentação cotidiana dos moradores que vivem na região semiárida é o feijão e a fava, que possuem uma dependência moderada em relação aos polinizadores (BPBS-REBIPP, 2019; Klein *et al.*, 2007). Estima-se que a área plantada de feijão nos municípios estudadas seja de 1.588 hectares, sendo o valor da produção anual de R\$ 443.000,00 (IBGE, 2022), demonstrando que a polinização possui alta valoração como serviço ambiental.

Dentre as culturas produzidas pelos agricultores(as) (Figura 3.1), é importante ressaltar que a de acerola (*Malpighia*

emarginata DC.) e de maracujá (*Passiflora edulis* Sims) requerem abelhas de porte corporal médio a grande e especializadas na coleta de recursos ofertados por essas espécies para que haja a formação de frutos e sementes (Freitas *et al.*, 1999; Gaglianone *et al.*, 2010; Vilhena *et al.*, 2012; Cobra *et al.*, 2015; Junqueira; Augusto, 2017). Ainda as culturas do tomate (*Solanum lycopersicum* M.), berinjela (*Solanum melongena* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.) são polinizadas adequadamente por abelhas que possuem a capacidade de transmitir vibrações através da contração da musculatura torácica ao pousar na flor, podendo assim liberar o pólen das flores (Faria Júnior, Bendini, Barreto, 2008; Nunes Silva *et al.*, 2013; Patricio *et al.*, 2012; Silva-Neto *et al.*, 2017). Esse serviço é realizado por abelhas sociais dos gêneros *Melipona* (De Luca e Vallejo-Marín, 2013).

A importância da polinização ganha destaque na geração de produtos maiores e com sementes mais eficazes e numerosas, influenciando também os valores nutricionais do fruto, como o aumento do valor proteico e fibras (Sundriyal; Sundriyal, 2004; D'ávila; Marchini, 2005; Mijin *et al.*, 2021). Dentre as espécies produzidas e mais dependentes de polinizadores, a goiaba (*Psidium guajava* L.), a berinjela e a fruta do conde (*Annona squamosa* L.), oferecem maiores proporções de fibras por 100 gramas do alimento analisado (Tabela 3.1), ou seja, são espécies com dependência do polinizador que, apenas se esse serviço ecossistêmico for devidamente provido, poderão fornecer importantes nutrientes. Na China (Xiao-Hui; Sheng-Yan, 2012) e em Benin – África- Ocidental (Toni *et al.*, 2021), observou-se que culturas resultantes de polinização são beneficiadas nutricionalmente principalmente em macronutrientes. Nesse contexto, mere-

cem destaque a fruta do conde e o maxixe (*Cucumis anguria* L.), que exibem teores mais elevados de proteínas; enquanto no que concerne aos carboidratos, destacam-se a fruta do conde, a goiaba, a tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) e o maracujá. Quanto às análises lipídicas, constata-se uma semelhança entre as diferentes culturas, revelando resultados abaixo de 1 grama, com a exceção do maracujá.

A possível extinção ou a redução na oferta de espécies de polinizadores poderá acarretar perdas consideráveis de espécies vegetais agrícolas (Rocha, 2012) e, no caso das comunidades estudadas, um impacto de quase 35% da produção. Por outro lado, a redução global dos polinizadores poderia levar o aumento da mortalidade infantil e defeitos congênitos, devido ao aumento da deficiência de vitamina A e folato, além de outras doenças como as cardiovasculares, diabetes e alguns tipos de câncer, sendo ocasionadas pela redução da ingestão de frutas, legumes, nozes e sementes (Myers *et al.*, 2015). Dessa forma, o benefício nutricional dos frutos, associados ao consumo destes, podem estar associados também a diminuição de doenças causadas por déficit de nutrientes como proteínas, fibras, zinco, selênio, cálcio, fósforo, potássio, cobre, vitamina B1, vitamina B6 e vitamina C (Xiao-Hui; Sheng-Yan, 2012).

O fruto da acerola se destaca pelo alto teor de vitamina C (941,4 mg), tendo sido objeto de significativas investigações a respeito da sua função antioxidante (Garcia *et al.*, 2020). Esta propriedade tem sido associada à redução do risco de ocorrência de doenças cardiovasculares, conferindo-lhe um interesse substancial no âmbito da pesquisa científica e da promoção da saúde (Ellingsen *et al.*, 2009).

Tabela 3.1: Produtos de base familiar cultivados nos municípios de Santana do Piauí e Ipiranga do Piauí, semiárido piauiense, dependentes de polinizadores com seus nutrientes. %: Razão de dependência de polinizadores. D: Categoria de Dependência (1 - essencial, 2 - dependente, 3 - moderado, 4 - baixo); Ptn: proteínas (g); Lip: lipídeos (g); Car: Carboidratos (g); Fi: Fibras (g); Ca: Cálcio (mg); Mg: Magnésio (mg); P: Fósforo (mg); Fe: Ferro (mg); K: Potássio (mg); Zn: Zinco (mg); RBF: Riboflavina (mg); PRD: Piridoxina (mg); VC: Vitamina C (mg); Tr: Taxa de referência.

Cultura Nome científico	%	D	Ptn	Lip	Car	Fi	Ca	Mg	P	Fe	K	Zn	RBF	PRD	VC	
Abóbora																
<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne ex Lam.	0,95	1	1,0	0,1	2,7	1,7	3,0	2,0	8	Tr	125	0,1	Tr	0,06	9,6	
Abobrinha																
<i>Cucurbita moschata</i> moschata Duchesne	0,95	1	0,7	0,1	6,1	2,3	9	7	3,2	0,3	264	0,2	Tr	0,06	2,1	
Amendoim																
<i>Arachis hypogaea</i> L.	0,05	4	27,2	43,9	20,3	8,0	2,2	171	407	2,5	580	3,2	0,03	0,76	Tr	
Acerola																
<i>Malpighia emarginata</i> DC	0,95	1	0,9	0,2	8	1,5	13	13	9	0,2	165	0,1	0,04	Tr	941,4	
Berinjela																
<i>Solanum melongena</i> L.	0,95	1	1,2	0,1	4,4	2,9	9	13	20	0,2	205	0,1	0,05	Tr	3,0	
Fava																
<i>Vicia faba</i> L.	0,25	3									Não consta na TACO, 2011.					
Feijão																
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0,25	3	20	1,3	61,2	18,4	123	210	385	8	1.352	2,9	Tr	0,65	-	

Tabela 3.1 (cont.): Culturas de base familiar cultivadas nos municípios de Santana do Piauí e Ipiranga do Piauí, semiárido piauiense, dependentes de polinizadores com seus nutrientes. %: Razão de dependência de polinizadores. D: Categoria de Dependência (1 - essencial, 2 - dependente, 3 - moderado, 4 - baixo); Ptn: proteínas (g); Lip: lipídeos (g); Car: Carboidratos (g); Fi: Fibras (g); Ca: Cálcio (mg); Mg: Magnésio (mg); P: Fósforo (mg); Fe: Ferro (mg); K: Potássio (mg); Zn: Zinco (mg); RBF: Riboflavina (mg); PRD: Piridoxina (mg); VC: Vitamina C (mg); Tr: Taxa de referência.

Cultura Nome científico	%	D	Ptn	Lip	Car	Fi	Ca	Mg	P	Fe	K	Zn	RBF	PRD	VC
Fruta do conde <i>Annona squamosa</i> L.	0,95	1	1,5	0,3	22,4	3,0	21	31	34	0,2	283	0,2	0,04	0,09	35,9
Gergelim <i>Sesamum indicum</i> L.	0,05	4	21,2	50,4	21,6	11,9	825	361	741	5,4	546	5,2	Tr	0,13	Tr
Goiaba <i>Psidium guajava</i> L.	0,65	2	1,1	0,4	13,0	6,2	4	7	15	0,2	198	0,1	Tr	0,03	80,6
Jiló <i>Solanum aethiopicum</i> L.	0,25	3	1,4	0,2	6,2	4,8	20	21	29	0,3	213	0,1	0,04	Tr	6,8
Laranja <i>Citrus aurantium</i> L.	0,25	3	1,1	0,2	12,9	4	51	14	20	0,1	173	0,2	0,09	0,03	34,7
Limão <i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.	0,05	4	0,9	0,1	11,1	1,2	51	10	24	0,2	128	0,2	0,04	Tr	38,2
Maracujá <i>Passiflora edulis</i> Sims	0,95	1	2,0	2,1	12,3	1,1	5	28	51	0,6	338	0,4	0,05	0,05	19,8

Tabela 3.1 (cont.): Culturas de base familiar cultivados nos municípios de Santana do Piauí e Ipiranga do Piauí, semiárido piauiense, dependentes de polinizadores com seus nutrientes. %: Razão de dependência de polinizadores. D: Categoria de Dependência (1 - essencial, 2 - dependente, 3 - moderado, 4 - baixo); Ptn: proteínas (g); Lip: lipídeos (g); Car: Carboidratos (g); Fi: Fibras (g); Ca: Cálcio (mg); Mg: Magnésio (mg); P: Fósforo (mg); Fe: Ferro (mg); K: Potássio (mg); Zn: Zinco (mg); RBF: Riboflavina (mg); PRD: Piridoxina (mg); VC: Vitamina C (mg); Tr: Taxa de referência.

Cultura Nome científico	%	D	Ptn	Lip	Car	Fi	Ca	Mg	P	Fe	K	Zn	RBF	PRD	VC	
Maxixe <i>Cucumis anguria</i> L.	0,95	1	1,4	0,1	2,7	2,2	0,7	21	0,07	25	11	0,02	0,02	0,04	9,6	
Pepino <i>Cucumis sativus</i> L.	0,65	2	0,9	Tr	2,0	1,1	10	9	12	0,1	1,54	0,1	0,03	Tr	5,0	
Pimenta <i>Capsicum annuum</i> L.	0,25	3														Não consta na TACO, 2011.
Pimentão <i>Capsicum annuum</i> L.	0,25	3	1,1	0,2	4,9	2,5	9	8	17	0,4	1,74	0,1	Tr	Tr	100,2	
Tangerina <i>Citrus reticulata</i> Blanco	0,65	2	0,08	0,1	9,6	0,9	13	8	12	0,1	131	Tr	0,02	0,02	48,8	
Tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	0,65	2	1,1	0,2	3,1	1,2	7	11	20	0,2	222	0,1	Tr	0,02	21,2	

CONCLUSÃO

A participação dos polinizadores na agricultura familiar da região estudada emerge como um aspecto de extrema importância. A dependência desse processo para a formação de produtos cultivados pelos(as) agricultores(as) é significativa, com diferentes níveis de dependência identificados, prevalecendo as essencialmente dependentes.

No que diz respeito à composição nutricional, é notável que essas culturas se sobressaem ao oferecer uma concentração satisfatória de proteínas, carboidratos, fibras e vitamina C, em comparação com as Ingestões Diárias Recomendadas (DRI).

Salienta-se, portanto, a relevância da agricultura familiar neste cenário, pois suas práticas tendem a ter um impacto ambiental menor em comparação com as grandes produções agrícolas. Além disso, os sistemas de cultivo de base familiar podem contribuir para atrair polinizadores, promovendo a diversificação alimentar e nutricional na região como um todo.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografa humana sofrida. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

ANGELOTTI, F.; SIGNOR, D.; GIONGO, V. Mudanças climáticas no semiárido brasileiro: Experiências e oportunidades para o desenvolvimento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p.484-495, 2015.

BPBES-REBIPP. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos, Biodiversidades e serviços ecosistêmicos. **Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de**

Alimentos no Brasil. 2019. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES_CompletoPolinizacao-2.pdf

BRASIL. Resolução CONDEL/SUDENE Nº 150, de 13 dezembro de 2021. Aprova a Proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido 2021, inclusive os critérios técnicos e científicos, a relação de municípios habilitados, e da regra de transição para municípios excluídos. 2021a

BRASIL. **Delimitação do Semiárido – 2021 – Relatório Final.** 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiariadorelatorionv.pdf>. Acesso em: 07 out. 2023.

BRASIL. CONSEA, **Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, Princípios e Diretrizes de uma Política de Segurança Alimentar e Nutricional.** Textos de Referência da II Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Brasília: Gráfica e Editora Positiva, 2004. 81p.

BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017. Indicadores Municipais,** 2017. Disponível em: <https://mapasinterativos.ibge.gov.br/agrocompara/> Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades/Santana do Piauí/Ipiranga,** 2022. Disponível em: [http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251080&search=piauí/Santana do piauí/Ipiranga](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251080&search=piauí/Santana%20do%20piauí/Ipiranga). Acesso em: 20 set. 2023.

COSTA, A. M.B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *Águas Subterrâneas*, v. 20, n. 1, p. 67-82, 2006.

CUNHA, A. P. M. do A.; BRITO, S. S. B.; ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C. S.; CUNNINGHAM, C.; ZERI, M.; MACIEL, A. P. R.; ANDRADE, E. S.; VIEIRA, R. M.S. P.; CARVALHO, M. A. Avaliação de indicador para o monitoramento dos impactos da seca em áreas de pastagens no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, 2017.

CAMPBELL, A. J.; LICHTENBERG, E. M.; CARVALHEIRO, L. G.; MENEZES, C.; BORGES, R. C.; COELHO, B. W. T.; FREITAS, M. A. B.; GIANNINI, T. C.; LEÃO, K. L.; OLIVEIRA, F. F.; SILVA, T. S. F.; MAUÉS, M. M. High bee functional diversity buffers crop pollination services against Amazon deforestation, **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 326, p. 107777, 2022.

CARVALHO, R. S.; DAMASCENO, L. M.; LEVINO, N. A.; PEREIRA, T. A. S. Avaliação das Políticas Públicas: Uma análise das ações do canal do sertão alagoano. Reunião anual da SBPC 2018, Maceió, Anais. 2018. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/70ra/trabalhos/resumos/2222_10b762664c9df5d53613755c15cb4c5de.pdf Acesso em: 20 set. 2023.

COBRA S. S. O.; SILVA C. A.; KRAUSE W.; DIAS, D. C.; KARSBURG, I. V.; MIRANDA, A. F. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 54-62, 2015.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 20, n. 1, p. 67-82, 2006.

D'AVILA, M.; MARCHINI, L.C. Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 62, n. 1, p. 79-90, 2005.

DE LUCA P. A.; VALLEJO-MARÍN, M. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, p. 429-435, 2013.

ELLINGSEN, I.; SELJEFLOT, I.; ARNESEN, H.; TONSTAD, S. Vitamin C consumption is associated with less progression in carotid intima media thickness in elderly men: a 3-year intervention study. **Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases**, v. 19, n. 1, p. 8-14, 2009.

FARIA JÚNIOR, L. R. R.; BENDINI, J. N.; BARRETO, L. M. R. C. Eficiência polinizadora de *Apis mellifera* L, e polinização entomófila em pimentão "Casadura Ikeda". **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 261-266, 2008.

FAO. Organização da Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). América Latina e Caribe. **Panorama da Segurança alimentar e nutricional**. Sistemas Alimentares sustentáveis para acabar com a fome e a má nutrição. Santiago: FAO; 2017.

FREITAS, B. M.; ALVES, J. E.; BRANDÃO G. F.; ARAUJO, Z. B. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 133, n. 3, p. 303-311, 1999.

GAGLIANONE, M. C.; ROCHA, H. H. S.; BENEVIDES, R. C.; JUNQUEIRA. Importância de *Centridini* (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 152-164, 2010.

GAGLIANONE M. C; CAMPOS, M. J. O.; FRANCESCHINELLI E., *et al.* Plano de manejo para os polinizadores do tomateiro. **Funbio**, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

GALLAI, N.; SALLESC, J. M.; SETTELED, J.; VAISSIÈREA, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GALLAI, N.; VAISSIÈRE, B. E. Guidelines for the economic valuation of pollination services at a national scale. **FAO**, Rome, 2009.

GARCIA, V. A. D. S.; BORGES, J. G.; VANIN, F. M.; CARVALHO, R. A. D. Vitamin C stability in acerola and camu-camu powder obtained by spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. e2019237, 2020.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G.D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil, **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015a.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D. Polinizadores agrícolas no Brasil: uma revisão das interações relatadas. **Apidologie**, v. 46, p. 209-223, 2015b.

JUNQUEIRA CN, AUGUSTO SC Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, 2017.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.

KLEIN, A. M.; STEFFAN, D. I. E.; TSCHARNTKE, T. O. conjunto de frutas do café das montanhas aumenta com a diversidade das abelhas polinizadoras. Anais da Royal **Society de Londres. Série B: Ciências Biológicas**, 270, p. 955-961. 2003.

LIMA, J. R.; ROCHA, M.A. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 e 21. **Parcerias Estratégicas**, v. 23, n. 46, p. 191-212, 2018.

MALVEZZI, R. **SEMI-ÁRIDO Uma Visão Holística**: Editora Confea, 2007. 140p.

MEA. **Millennium Ecosystem Assessment**. Ecosystems and Human Well-Being, Washington, DC: Island Press, 2005. 155p.

MIJIN, S., DING, P., SAARI, N., & RAMLEE, S. I. Effects of pollination techniques and harvesting stage on the physico chemical characteristics of jackfruit. **Scientia Horticulturae**, v. 285, p. 110199, 2021.

MYERS, S. S.; SMITH, M. R.; SINGH, G. M.; MOZAFFARIAN, D. Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: a modelling analysis. **Lancet**, v. 386, p. 1964-1972, 2015.

NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 494-498, 2012.

- NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; DA SILVA, C. I.; ROLDÃO, Y. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, p. 537-546, 2013.
- OLIVEIRA, J. L. E. A.; FIGUEIREDO, R. A.; SALA, F. C. Qualidade de frutos e sementes na polinização natural de três cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 143-148, 2012.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals. **Oikos**, v.120, p. 321-326, 2001.
- OYELANA, O. A.; OGUNWENMO, K. O. Floral biology and the effects of plant-pollinator interaction on pollination intensity, fruit and seed set in *Solanum*. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 84, p. 14967-14981, 2012.
- PATRICIO, G. B.; GRISOLIA B. B.; DESUO I. C.; MONTAGNANA, P. C.; BROCANELLI, F. G.; GOMIG, E. G.; CAMPOS, M. J. The Importance of Bees for Eggplant Cultivations (Hymenoptera: Apidae, Andrenidae, Halictidae). **Sociobiology**, v. 59, n. 3, p. 1037-1052, 2012.
- POTTS, S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.; NGO, G. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, p.220-229, 2016.
- RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Proj, Cultural, 1a. ed. 2014. 527p.
- ROCHA, M.C. L.S. A. Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil proposta metodológica de acompanhamento, Brasília: **Ibama**, 2012. 88p.
- RODGER, J.; BENNETT, J.; RAZANAJATOVO, M.; KNIGHT, T.; VANKLEUNEN, M.; ASHMAN, T.; STEETS, J.; HUI, C.; BURD, M.; BURKLE, L.; BURNS, J.; DURKA, W.; FREITAS, L.; KEMP, J.; LI, J.; PAUW, A.; VAMOSI, J.; WOLOWSKI, M.; XIA, J.; Ellis, A.; Widespread vulnerability off lowering plants e production to pollinator declines. **Science Advances**, v. 7, p. 1-10, 2021.

RUFINO, I. A. A.; SILVA, . Análise das relações entre dinâmica populacional, clima e vetores de mudança no semiárido brasileiro: uma abordagem metodológica, **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, n. 1, p. 166-181, 2017.

SERRA, B. D. V.; CAMPOS, L. A. O. Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 153-159, 2010.

SILVA, R. M. A. da. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. **Sociedade e estado**, v. 18, n. 1-2, p. 361-385, 2003.

SILVA NETO, C. M.; BERGAMINI, L. L.; ELIAS, M. A. S; MOREIRA, G. L.; MORAIS, J. M.; BERGAMINI, B. A. R.; FRANCESCHINELLI, E. V. High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 506-513, 2017.

SUNDRIYAL, M.; SUNDRIYAL, R.C. Wild edible plants of the Sikkim Himalaya: nutritive values of selected species. **Economic Botany**, v. 58, p. 286-299, 2004.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**, Campinas: NEPA – UNICAMP, 4ª ed, 2011. 164p.

TONI, H. C.; AVOHOU, A.; DJOSSA, B. A. Contribution of animal pollination to food nutrient production in Benin-West Africa. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 82, n. 1, p. 1-9, 2021.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T. C.; JACKSON, L. E.; MOTZKE, I. K. N.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. J., WHITBREAD, A. M. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification, **Biological conservation**, v. 151, n. 1, p. 53-59, 2012.

VILHENA, A. M. G. F.; RABELO, L. S.; BASTOS, E. M. A. F.; AUGUSTO, S. C. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. **Apidologie**, v. 43, p. 51-62, 2012.

XIAO-HUI, W., & SHENG-YAN, D. Pollinator-dependent production of food nutrients by fruits and vegetables in China. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 46, p. 6136-6142, 2012.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TURÍSTICO DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL, NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

*Erickson Melo de Albuquerque
Eduardo Rodrigues Viana de Lima*

O turismo é uma atividade humana multidimensional constituída por recursos (matéria-prima) e atrativos (recursos processados, transformados, estruturados e prontos para o consumo) (OMT, 1998). A soma de ambos constitui o patrimônio turístico. Neste sentido, corrobora-se a ideia de que:

o turismo [...] como resultado do somatório de recursos naturais do meio ambiente, culturais, sociais e econômicos, tem campo de estudo superabrange, complexíssimo e pluricausal (Beni, 2006, p. 18).

A isso aliam-se as configurações espaciais e a organização político-administrativa da região receptora, as quais aliadas à oferta de serviços específicos e à existência de uma infraestrutura de apoio adequados motivam os turistas a se deslocarem e consumirem da origem ao destino, promovendo movimentação econômico-financeira.

No cerne das interseções do turismo com outras áreas do conhecimento percebe-se as suas características sistêmicas, de caráter holístico e interdisciplinar. Essa compreensão aplicada ao processo de avaliação do potencial turístico requer a reunião, a organização, a integração e o processamento de dados de diferentes dimensões para valorar a aptidão turística local.

Sendo assim, assume-se que um índice multidimensional quantitativo voltado para a avaliação holística do potencial turístico, incluindo o aspecto espacial, é um instrumento revelador das fragilidades e potencialidades do território para o turismo.

ESTRUTURA SISTÊMICA DO TURISMO

Para Beni (2006), o turismo se estrutura como um sistema – conforme a Teoria Geral de Sistemas, de Ludwig Bertalanffy (1968 citado por BENI, 2006, p. 17): é composto por elementos que se inter-relacionam para atingir um objetivo comum, os quais formam subsistemas e o seu grau de organização permite assumir a função de um todo que é maior que a soma das partes. Os sistemas devem possuir objetivos e medidas de rendimento, ambiente, recursos, componentes e administração, os quais descrevem o seu comportamento e os relacionamentos existentes entre os componentes.

A despeito da estrutura sistêmica, suas conexões com variadas dimensões da atividade humana suscitam a necessidade de abordá-lo também por uma perspectiva holística, como o faz Beni (2006): [o turismo é]

um elaborado e complexo processo de decisão sobre o que visitar, onde, como e a que preço. Nesse processo intervêm inúmeros fatores de realização pessoal e social, de natureza motivacional, econômica, cultural, ecológica e científica que ditam a escolha dos destinos, a permanência, os meios de transporte e o alojamento, bem como o objetivo da viagem em si para a fruição tanto material como subjetiva dos conteúdos de sonhos, desejos, de imaginação projetiva, de enriquecimento existencial, histórico-humanístico, profissional, e de expansão de negócios. [...] (BENI, 2006, p. 37).

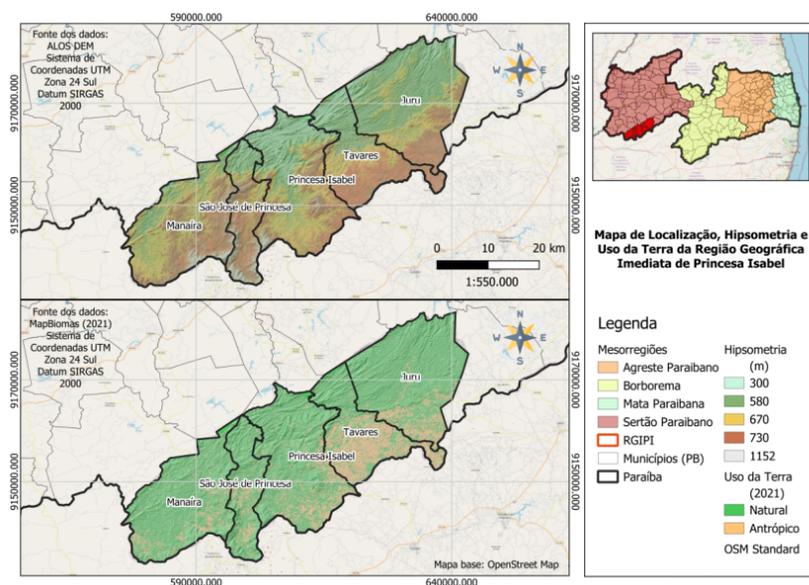
A superabrangência do turismo orienta a reflexão sobre o processo de avaliação do potencial - isto é, algo que pode vir a ser - desse fenômeno, especialmente no que se refere à escolha das variáveis. Nesse sentido, autores como Almeida (2009) e Gomes (2019) também contribuem para aprofundar a compreensão teórica e a formulação metodológica desse processo avaliativo. Assim, a inclusão da abordagem espacial, com apoio nas geotecnologias, como propõem Albuquerque, Lima e Sousa (2023a), embora incipiente, surge como importante agregadora à produção de informações e conhecimentos sobre o turismo.

REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL: ESTUDO DE CASO DA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TURÍSTICO

A Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel - RGIPI se localiza na zona sudoeste do estado da Paraíba (Figura 4.1), faz parte da microrregião da Serra de Teixeira e da mesorregião do Sertão da Paraíba, no Semiárido brasileiro, bioma Caatinga.

Composta pelos municípios de Juru, Tavares, Princesa Isabel, São José de Princesa e Manaíra, a região possui população de 58.299 habitantes⁷ e baixo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM (0,574)⁸. Na economia, Princesa Isabel é o município mais desenvolvido, o mais populoso e o que possui maior renda *per capita*⁹.

Figura 4.1 – Localização, hipsimetria e uso da terra da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel. Fonte: IBGE, ALOS DEM e MapBiomás, 2021.



Fonte: os autores (2023).

- 7 Dados do portal do IBGE para o Censo Demográfico de 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 set. 2023.
- 8 Dados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acesso em: 30 set. 2023.
- 9 Dados do portal do IBGE para o Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 19 set. 2023.

A altitude média da RGIPI é de 685 m e 96% do relevo pode ser classificado entre suave ondulado, ondulado e forte ondulado e os tipos de solo predominantes são neossolo litólico (rasos e pedregosos) e argissolo vermelho-amarelo (aproveitado para a fruticultura e mandioca) (EMBRAPA, 2018). Sobre o Uso da Terra predomina a presença de florestas savânicas (caatinga), mas se destaca o uso antrópico, principalmente pastagem, no município de Tavares (Figura 4.1).

A precipitação normal na região, segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA¹⁰, varia entre 498,9 mm e 845,1 mm, concentrada nos meses de fevereiro a junho. Entretanto, periodicamente há a ocorrência de secas e estiagens, que agravam impactos de ordem socioeconômica e ambiental.

Com relação à localização da RGIPI, tomando Princesa Isabel como referência, a capital de estado mais próxima é Recife – PE (406 km), seguida por Maceió – AL (408 km) e João Pessoa – PB (426 km)¹¹. No entanto, para efeitos de probabilidade de interação entre localidades, a região tem no seu entorno, a até 100 km de distância, municípios com população maior que 50 mil habitantes, como Patos – PB, Sousa – PB, Cajazeiras – PB e Serra Talhada – PE, além da vizinhança com o município turístico de Triunfo – PE.

10 Dados do Geoportal da AESA em formato shapefile. Disponível em: <http://geo-server.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>. Acesso em: 17 set 2023.

11 Distâncias obtidas por meio do Google Maps. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 14 set 2023.

Sobre aspectos históricos, a RGIPI experienciou os processos violentos da ocupação sertaneja, com destaque para a Revolta de Princesa (GOULART, 2010), a primeira fábrica da Paraíba movida a energia elétrica (VASCONCELLOS, 2015), 66 edificações em processo de tombamento pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019) e a existência de comunidades quilombolas certificados pela Fundação Palmares.

Os cenários descritos são os motivos da escolha da RGIPI como área de estudos para a aplicação do Índice de Potencial Turístico, visando mapear possibilidades para destravar o desenvolvimento da região.

METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TURÍSTICO

A estrutura geral do modelo de avaliação do potencial turístico se divide em três grupos: dados de entrada, técnicas de processamento, e, por fim, elaboração do índice. Na primeira etapa a aquisição de dados variados se deu por transferência remota e coleta em campo. Na etapa de processamento, técnicas matemáticas, estatísticas e de análise geoespacial foram utilizadas para a produção de mapas, gráficos e índices. Por fim, tais produtos foram integrados para avaliar o potencial turístico por meio do Índice de Potencial Turístico (IPT) da RGIPI.

As variáveis escolhidas, apresentadas na Figura 4.2, buscam contemplar a multidimensionalidade do turismo – orientado para o desenvolvimento como liberdade (SEN, 2010) –, ainda que essa não se esgote tão brevemente.

As categorias “Atrativos Turísticos” (AT), “Infraestrutura de Apoio ao Turismo” (IAT), e “Serviços e Equipamentos Turísticos” (SET) foram adotadas em conformidade com o Inventário da Oferta Turística, do Ministério do Turismo¹². Os dados foram coletados em campo, de julho a setembro de 2019, utilizando-se o aplicativo de mapeamento digital *GIS Cloud* (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

Figura 4.2 – Variáveis estudadas para cada componente do turismo.



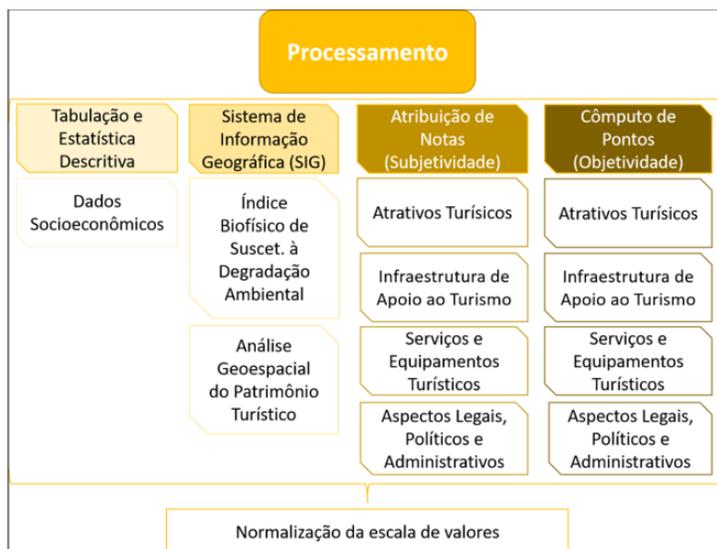
Fonte: Albuquerque (2022).

12 Disponibilizado pelo Ministério do Turismo do Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/turismo/pt-br/centrais-de-conteudo-/publicacoes/inventario-da-oferta-turistica>. Acesso em: 19 set. 2023.

Os dados da categoria dos Aspectos Legais, Políticos e Administrativos (ALPA), definida com base em Beni (2006), Almeida (2009) e Sen (2010), foram coletados por meio de abordagem pessoal a gestores públicos municipais e moradores da RGIPI – entre março de 2021 e fevereiro de 2022 –, com autorização do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, Parecer nº 5.308.197 (ALBUQUERQUE, 2022). Já os Dados Socioeconômicos e Ambientais foram obtidos remotamente por meio do acesso aos portais oficiais de instituições.

Na etapa de Processamento de Dados (Figura 4.3) são descritos os métodos, procedimentos e técnicas aplicados para integrar os dados e produzir os indicadores necessários ao cômputo do IPT-RGIPI.

Figura 4.3 – Métodos para o processamento de dados.



Fonte: Albuquerque (2022).

Os dados socioeconômicos foram tabulados e obtidas estatísticas básicas. Por sua vez, no que se refere ao uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS, duas análises foram realizadas: 1) sobre o Índice Biofísico de Suscetibilidade à Degradação Ambiental – IBSDA, utilizado com o objetivo de investigar a fragilidade ambiental da RGIPI; e 2) a análise geoespacial do patrimônio turístico da RGIPI sob dois aspectos: arranjos espaciais e características de conectividade rodoviária entre os municípios.

Tendo em vista que a conservação do ambiente e da cultura são fundamentais para a manutenção econômica do turismo, o IBSDA objetivou produzir informações sobre às fragilidades ambientais da região (Albuquerque, Lima e Sousa, 2023b). Para isso, fez-se uso de indicadores da geologia, pedologia, geomorfologia, intensidade pluviométrica, cobertura vegetal e uso da terra, por atribuição de pontos entre 1 (leve) e 6 (grave), de acordo com o grau de suscetibilidade à degradação ambiental de cada elemento. Por fim, foi calculada uma soma simples.

A segunda etapa de processamento de dados geográficos com SIG buscou analisar a espacialidade do turismo, com os objetivos de identificar padrões no arranjo espacial dos recursos turísticos, verificar a proximidade, o distanciamento e a conectividade entre potenciais atrativos, investigar a conectividade entre as zonas turísticas e a existência da oferta de infraestrutura e de serviços aos potenciais atrativos.

Para isso, foram utilizados 9 indicadores de agrupamento/dispersão, suficiência rodoviária e graus de conectividade, acessibilidade, integração, interatividade e isolamento dos municípios (Albuquerque, Lima e Sousa, 2023a) (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Indicadores espaciais utilizados para investigar a espacialidade do potencial turístico da RGIPI.

Indicador	Equação
Vizinho mais próximo (R_n)	$R_n = \frac{L_0}{L_e}$
Índice de afastamento entre pontos (I_a)	$I_a = \frac{L_e}{R_n}$
Agrupamento por similaridade - DBSCAN (Ag)	$Ag = \sum_{i=1}^m n_i \times g$
Distância padrão (I^2)	$I^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{N}}$
Dispersão relativa ($S_{d,rel}$)	$S_{d,rel} = \frac{I^2}{R}$
Índice de acessibilidade (A)	(Consiste na contagem dos acessos - nós - da rede)
Índice de intensidade de interação espacial (β)	$\beta = \frac{l}{n}$
Índice de integração espacial (α)	$\alpha = \left(\frac{l - n + r}{2n - 5} \right) \times 100$
Índice de suficiência rodoviária de Engel (I_e)	$I_e = \frac{KmV \times 100}{\sqrt{S \times P}}$

Fonte: Adaptado de Albuquerque, Lima e Sousa (2023a).

Sendo assim, os indicadores sobre as categorias do patrimônio turístico foram obtidos pela qualidade média, ponderada pela quantidade de elementos e submetidas à normalização da escala de valores para um novo intervalo entre 0 e 10.

Sobre os ALPA, a técnica utilizada para produzir um indicador numérico foi o Ranking Médio da Escala Likert (RMEL) (DANTAS; DANTAS, 2021), o qual consiste em uma média ponderada pela frequência dos itens das respostas (Eq. 1), possibilitando estratificar as respostas por tema e localidade.

$$RMEL = \frac{MP}{NS} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: $MP = \sum_{i=1}^n (f_i \times v_i)$; f_i = frequência do item i ; v_i = valor observado para o item i ; NS = nº de entrevistados.

Considerando que os indicadores possuíam unidades de medida diferentes, em seguida todos os indicadores foram submetidos à normalização para tornar os indicadores comparáveis entre si, fazendo-os variar dentro de um intervalo comum de valores mínimo (0) e máximo (10) (Eq. 2).

$$x_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \times 10 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: x_{norm} é o valor x normalizado; x_i é o valor corrente; x_{min} é o valor mínimo do conjunto de dados; x_{max} é o valor máximo do conjunto de dados.

Para os indicadores cujos valores mínimo e máximo possíveis são conhecidos, como os percentuais, IBSDA, IDHM e seus componentes, Índice de Gini, Índice de Vizinho Mais Próximo e Índice de Integração Espacial, os próprios valores foram utilizados. Para os indicadores que possuem valores mínimo e máximo

abertos, como o PIB e Taxa de Homicídios, tais valores foram extraídos do próprio conjunto amostral.

Em seguida o IPT-RGIPI foi calculado pela aplicação da Eq. 3, utilizando-se os indicadores normalizados para preencher os termos. Matematicamente utilizou-se uma média ponderada cujos pesos foram definidos com base em Cunha (2008), cujo entendimento é que o elemento mais importante para o turismo é o atrativo.

$$IPT = \frac{AT * p_1 + IAT * p_2 + SET * p_3 + CE * p_4 + ALPA * p_5 + IBSDA * p_6 + CSE * p_7}{\sum_{i=1}^7 p_i} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: $p_1 = \sum p_{2-7} = 0,50$; $p_2 = 0,15$; $p_3 = 0,12$; $p_4 = 0,10$; $p_5 = 0,07$; $p_6 = 0,04$; $p_7 = 0,02$; CE = Caracterização Espacial; CSE = Caracterização Socioeconômica.

O IPT-RGIPI foi calculado também para cada município e analisado sobre cada aspecto, permitindo identificar pontual e integradamente as potencialidades e fragilidades dos territórios para o turismo.

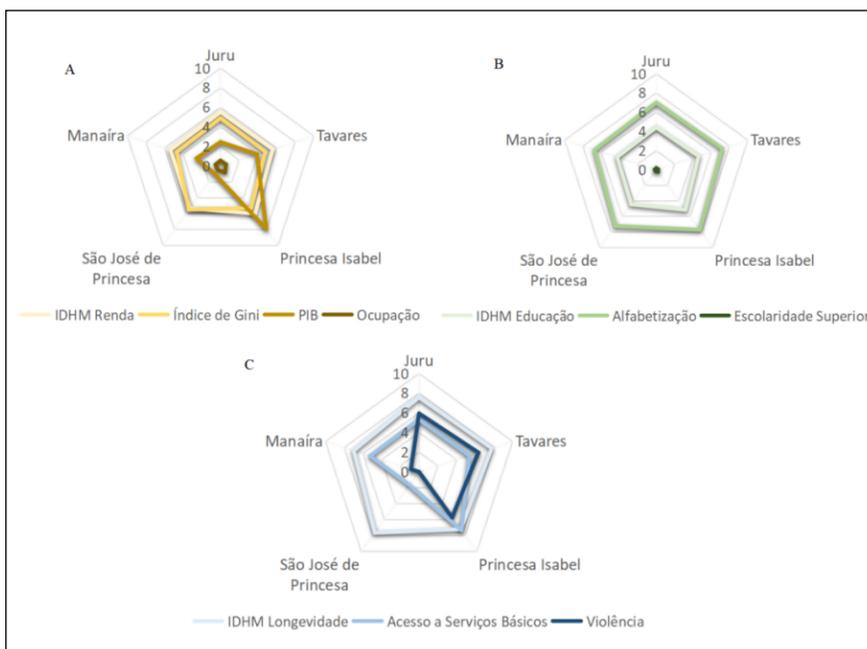
POTENCIAL TURÍSTICO DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE PRINCESA ISABEL

O nível de organização social, o grau de desenvolvimento humano e econômico, a aptidão social para o desenvolvimento de atividades, a vulnerabilidade à violência, o suprimento de demandas básicas e a qualidade de vida, representadas nos

dados relativos à economia e sociedade (A), educação e saúde (B) e segurança e qualidade de vida (C) na RGIPI são mostrados na Figura 4.4.

O município de Princesa Isabel apresentou indicadores melhores em 7 ocasiões, com destaque para o PIB, confirmando o papel de município polo da região. Além do PIB, também se mostraram desiguais a taxa de domicílios com energia elétrica, coleta de lixo, água e esgoto e a taxa estimada de homicídios.

Figura 4.4 – Indicadores socioeconômicos normalizados.

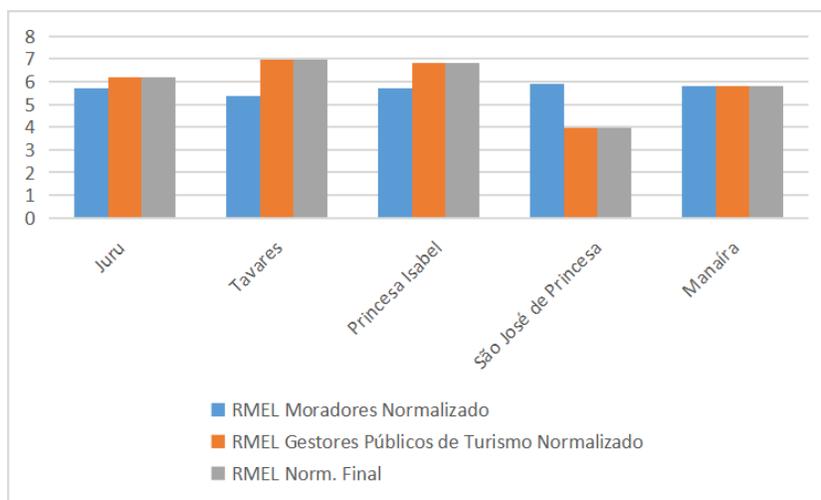


Fonte: Albuquerque (2022).

Por sua vez, o município de São José de Princesa apresentou os menores indicadores em 5 de 10 ocasiões, com destaque negativo para o PIB – 8 vezes menor que o de Princesa Isabel. Também apresentou a maior taxa de violência, seguido pelo município de Manaíra. Por outro lado, a taxa de pessoas ocupadas em todos os municípios é baixa e revela uma carência regional na geração de emprego e renda.

Por sua vez, de acordo com Albuquerque (2022), os Gestores Públicos Municipais de Turismo da RGIPI se mostraram confiantes no potencial turístico local e entendem que o turismo pode gerar desenvolvimento, embora reconheçam que a oferta de serviços turísticos precisa ser ampliada nos seus municípios, bem como sentem falta do suporte de outras instituições para orientações técnicas e apoio financeiro. Os moradores entrevistados também se mostraram otimistas, mas críticos à gestão municipal do turismo. Nesse sentido, os valores do RMEL normalizado, já incluídos ambos os grupos sociais consultados, são mostrados na Figura 4.5.

Figura 4.5 – Indicadores legais, políticos e administrativos normalizados.



Fonte: adaptado de Albuquerque (2022).

Tais dados mostram que os Gestores Públicos Municipais de Turismo alcançaram RME maior que os moradores em 4 dos 5 municípios e, em síntese, o RME final da RGIPI alcançou pontuação de 6,00 (em uma escala de 0 a 10), demonstrando que esse é um aspecto positivo para o desenvolvimento do turismo na região.

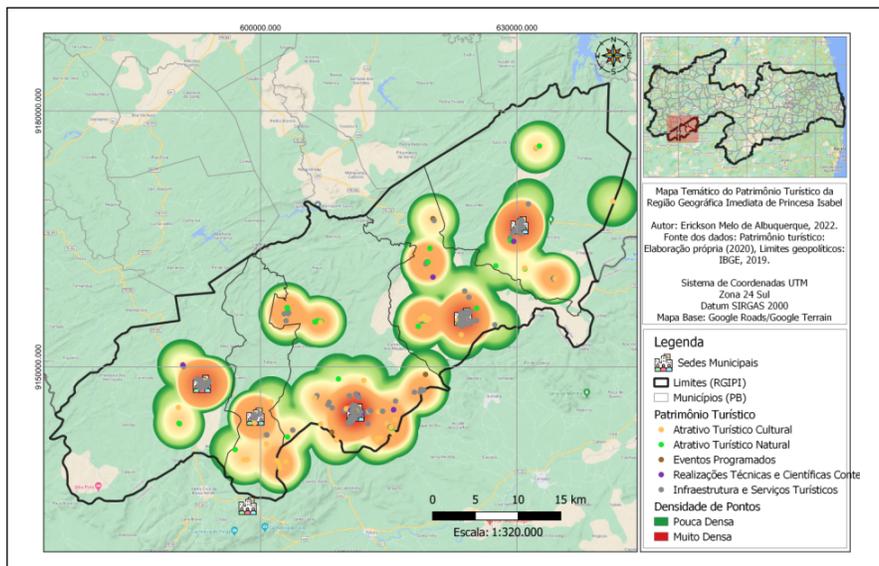
No aspecto ambiental, à exceção do município de Juru, o IBSDA mostrou que a zona rural dos municípios da RGIPI possui maior suscetibilidade à degradação ambiental natural do que as zonas urbanas, uma vez que é onde predominam as atividades produtivas locais (ALBUQUERQUE; LIMA; SOUSA, 2023).

Entretanto, de modo geral essa suscetibilidade variou de grau baixo (em 19,83% do território) a alto (45,99%) na região,

ocorrendo uma divisão espacial entre esses graus. Em 16,89% da RGPII ocorreu suscetibilidade moderada à degradação, ocorrida em uma zona de transição entre as classes baixa e alta. A classe muito alta apareceu em 8,28% do território da região, com maiores percentuais em Tavares, Juru e Princesa Isabel (13,97%, 10,18% e 8,69% respectivamente).

Sobre a espacialidade do turismo, na Figura 4.6 mostra-se a distribuição e a densidade dos seus elementos no espaço geográfico. Nas sedes municipais estão as maiores quantidades de elementos, onde se concentram pontos da infraestrutura de apoio e serviços turísticos.

Figura 4.6 – Mapa temático do patrimônio turístico da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel.



Fonte: Albuquerque (2022).

Em Juru, os pontos se apresentam de forma mais dispersa; em Tavares, a maior concentração de pontos está na sede municipal, mas há distribuição de elementos por quase todo o território; no município de Princesa Isabel há uma densidade maior de pontos no entorno da sede municipal e da rodovia PB-306, na zona sul; em São José de Princesa, todos os pontos se localizam na zona centro-sul do município, inexistindo elementos turísticos em outras partes; também em Manaíra há concentração de pontos apenas em uma região, no entorno da sede municipal.

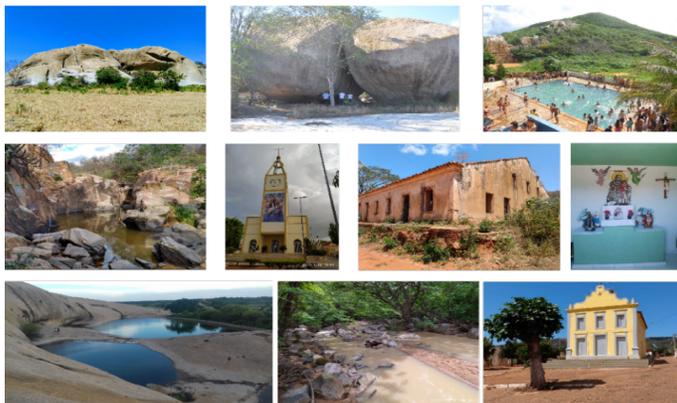
Como resultado do mapeamento foram identificados 990 pontos, categorizados em IAT (50,4%), SET (27,4%), AT Natural (ATN)(2,8%), AT Cultural (ATC)(18,0%), AT Eventos Programados (EP) (0,7%) e AT Realizações Técnicas e Científicas Contemporâneas (RTCC)(0,7%). Desses, 374 pertencem a Princesa Isabel, 230 a Tavares, 178 a Juru, 161 a Manaíra e 47 a São José de Princesa, mostrando que Princesa Isabel e Tavares possuem os patrimônios turísticos mais numerosos. O Coeficiente de Variação de 60% indica uma forte desigualdade na distribuição do patrimônio turístico entre os municípios.

Acerca da qualidade dos pontos avaliados, 68% dos elementos receberam nota 1, sinalizando um potencial para atrair frequentadores locais; 26% dos elementos receberam nota 2, indicando a possibilidade de atrair pessoas de municípios próximos; e 6% recebeu nota 3, significando uma capacidade para atrair pessoas de estados próximos. Por outro lado, não foram identificados elementos com excepcionalidade suficiente para motivar deslocamentos maiores (outras regiões do Brasil ou países).

Com enfoque nos potenciais atrativos, na Figura 4.7 são mostrados alguns atrativos turísticos mapeados na RGIPI que abrangem possibilidades para o turismo religioso, o geoturismo, turismo histórico, o ecoturismo, o turismo radical e o lazer.

Entre os ATC destacaram-se por ampla maioria os pontos de caráter religioso, especialmente as igrejas e os demais símbolos religiosos (capelas, estátuas e cruzeiros), mas também são encontrados sítios arqueológicos, comunidades tradicionais e personalidades que contam histórias locais e conservam costumes tradicionais. Entre os ATN são destaques os elementos do patrimônio geológico, como o relevo continental (serras) e o relevo cárstico (cavernas); a hidrografia, abrangendo rios, riachos, lagoas e cachoeiras, propícios ao geoturismo; mas também árvores centenárias preservadas. As RTCC estão presentes apenas em forma de açudes e os EP, majoritariamente, em forma de festas/celebrações religiosas.

Figura 4.7 – Atrativos turísticos mapeados na Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel.



Fonte: os autores (2023).

Sobre a análise geoespacial, na Tabela 4.3 são apresentados os indicadores relacionados à organização espacial dos elementos turísticos: Vizinho Mais Próximo (R_n), Índice de Afastamento (I_a), Distância Padrão (I^2), Dispersão Relativa (S_d) e Agrupamento (DBSCAN) (Ag).

Tabela 4.3 – Indicadores espaciais sobre os atrativos turísticos.

Município	R_n	I_a	I^2	S_d	Ag
Juru	0,57	3.018,69 m	5.317,86 m	11,21	18,00
Tavares	0,39	2.094,80 m	1.439,80 m	8,73	102,00
Princesa Isabel	0,27	2.598,20 m	1.875,09 m	10,83	524,00
São José de Princesa	0,67	1.201,45 m	3.103,96 m	7,09	20,00
Manaira	0,62	985,89 m	905,49 m	10,59	34,00
Média RGIPI	0,51	1.979,80 m	2.528,44 m	9,69	139,60

Fonte: adaptado de Albuquerque (2022).

No município de Juru se observa os maiores R_n , I_a , I^2 e S_d da RGIPI, indicando uma maior dispersão de atrativos dentre os municípios analisados, ainda que o R_n aponte uma agregação espacial que ocorre em todos os municípios. Em paralelo, o Ag encontrado foi o menor, indicando menos zonas turísticas do que nos seus vizinhos.

O município de Tavares teve o segundo menor R_n , com pontos bem distribuídos nos seus limites municipais (S_d), distância entre pontos próxima da média (I_a), em 3 zonas (Ag), e com distância média aos seus respectivos centros geográficos de 1,4 km, cerca de 1 km abaixo da média da região. Em resumo, apresentou um agrupamento interessante para o turismo.

Em Princesa Isabel foi observada a maior agregação de pontos (menor R_n), em concentrações espacialmente dispersas, acima da média da região (I_a), localizadas em zonas específicas do município (S_d). Foram identificadas 4 zonas turísticas (Ag), das quais duas (Sítio Caldeirão dos Jorge e Cachoeira de Minas) se localizam a mais de 12 km da sede municipal.

O município de São José de Princesa se destaca na dimensão espacial pela ocorrência de atrativos turísticos concentrados na região centro-sul do município, majoritariamente na zona rural, com cada ponto a uma distância média aproximada de 544 m do seu vizinho mais próximo (maior R_n). A alta dispersão dos pontos é confirmada pela S_d que também é refletida no valor da I^2 , mas indica um grau limítrofe de continuidade no arranjo espacial dos atrativos.

Em Manaíra foram encontradas duas zonas turísticas (Ag), na região leste do município. Na sede municipal, a oferta de in-

fraestrutura e de serviços é capaz de atender às demandas locais. Ainda, é constituída por 12 AT, sendo 10 deles relacionados ao turismo religioso (ALBUQUERQUE, 2022).

Na perspectiva da conectividade, na Tabela 4.4 são apresentados os indicadores espaciais relacionados à malha rodoviária.

Tabela 4.4 – Indicadores espaciais sobre a rede de conectividade.

Município	A	α	β	I_e
Juru	2,00	46,15%	1,11	40,38%
Tavares	3,00	42,86%	0,83	38,12%
Princesa Isabel	3,00	30,44%	0,93	25,41%
São José de Princesa	2,00	33,33%	1,00	45,15%
Manaíra	3,00	36,36%	1,00	28,22%
Média RGIPI	2,60	27,71%	1,18	35,46%

Fonte: Albuquerque (2022).

Os municípios da região apresentaram índices A (2 e 3) que indicam poucas alternativas rodoviárias pavimentadas para se chegar a essas localidades. Por sua vez, o I_e mostrou que São José de Princesa, apesar de ter apenas uma rodovia principal, mas população pequena, apresentou a maior suficiência rodoviária; enquanto Princesa Isabel, a menor.

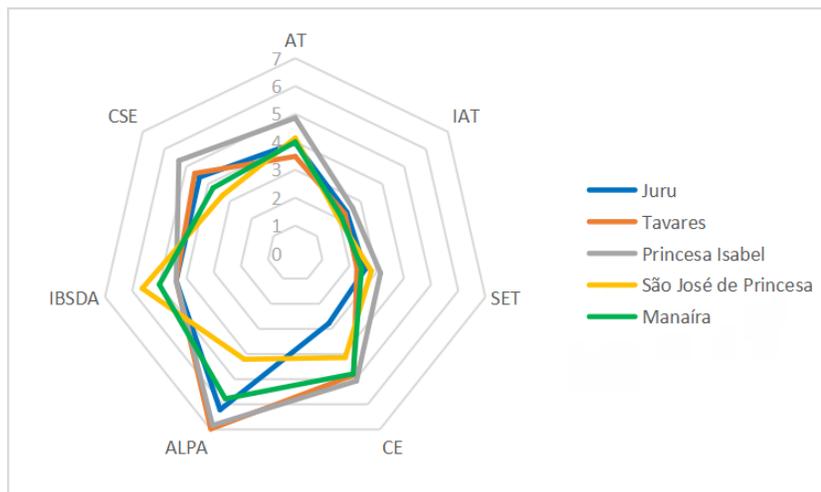
A malha rodoviária da RGIPI, de modo geral, se apresenta em circuito ($\beta > 1$) e pouco conectado (α). Essa rede conta com 44 nós que conectam 43 trechos rodoviários e possui 10 entradas ou saídas para outras regiões. Todavia, a qualidade das estradas,

sobretudo na zona rural, é baixa e algumas apresentam alto grau de deterioração que dificultam o tráfego.

Como produto da integração dos indicadores apresentados, evidenciou-se que as fragilidades da RGIPI para o turismo estão na oferta de SET, na IAT e nos aspectos socioeconômicos (CSE). Como potencialidades se apresentaram, além dos AT, o arranjo espacial dos elementos turísticos (CE) e a confiança da população local no desenvolvimento do turismo (ALPA).

Dentre todos os indicadores analisados destacam-se os maiores valores de AT, IAT, SET e CSE em Princesa Isabel, os menores valores de SET e IBSDA em Tavares, a CE e a CSE menores em Juru e os menores valores dos ALPA em São José de Princesa (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Indicadores normalizados da avaliação do potencial turístico.



Fonte: Albuquerque (2022).

Sabendo que o indicador normalizado representa qualidade, Princesa Isabel confirma o título de município polo da região por apresentar os melhores indicadores em 6 de 7 ocasiões. Na análise entre municípios, o CV esteve entre 10,62% (IAT), 11,77% (IBSDA), 12,18% (AT), 12,79% (SET), 17,99% (CSE), 18,6% (ALPA) e 21,46% (CE). Essa baixa variabilidade indica que as desigualdades são pequenas entre os municípios.

Todavia, Princesa Isabel e São José de Princesa possuem os melhores indicadores de AT, mas apenas o primeiro oferece infraestrutura compatível. A proximidade geográfica entre os dois municípios (14,5 km) propicia a fruição das visitas. Situação semelhante ocorre com o município de Manaíra, a 23,5 km de Princesa Isabel, onde há maior suporte estrutural e conexão rodoviária com o estado de Pernambuco. No lado oeste da RGIPI, o município de Juru se mostrou capaz de oferecer apoio ao turismo, seguido por Tavares. Merece destaque que a localização do município de Princesa Isabel na zona central da RGIPI favorece a irradiação de roteiros para a vizinhança.

Por fim, o IPT por município seguiu esta ordem: Princesa Isabel (4,47), Manaíra (3,77), São José de Princesa (3,72), Juru (3,63) e Tavares (3,59), com média de 3,86 (IPT-RGIPI).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da avaliação apresentada tornam-se pertinentes as seguintes considerações:

- a. O indicador de violência alto em Manaíra e São José de Princesa foi superado pelos indicadores positivos para o desenvolvimento do turismo;
- b. Os AT foram as peças centrais, tanto para elevar o índice, como em Juru, Princesa Isabel, São José de Princesa e Manaíra, quanto para dificultar o crescimento do índice, como em Tavares;
- c. Pela relativa homogeneidade na região, a espacialidade do patrimônio turístico não foi decisiva para determinar o seu potencial, pois Juru e São José de Princesa apesar de apresentarem pontos mais dispersos alcançaram IPT maiores que Tavares;
- d. A oferta de IAT, que pode atenuar a influência da distância geográfica dos elementos sobre o potencial, foi semelhante em todos os municípios e não se mostrou um diferencial, diferentemente dos SET, que impulsionaram o IPT em Juru, Princesa Isabel, São José de Princesa e Manaíra.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M. Índice de Potencial Turístico da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel, no **semiárido paraibano**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/UFPB, 315p, 2022.

ALBUQUERQUE, E. M de; SILVA, I. M. da; SILVA, H. N. da; SILVA, E. B. da; SILVA, F. de A. da. Mapeamento colaborativo do patrimônio cultural de Princesa Isabel (PB) utilizando um smartphone. **Revista Principia**. n. 45, João Pessoa, 2019a.

ALBUQUERQUE, E. M.; LIMA, E. V. R.; SOUSA, M. F. B. Proposta de mapeamento e de análise geoespacial do patrimônio turístico da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel. **Caderno de Geografia**. v. 33, n. 74, p. 880-909, 2023a. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2023v33n74p880

ALBUQUERQUE, E. M.; LIMA, E. V. R.; SOUSA, M. F. B. Proposta metodológica de avaliação da suscetibilidade à degradação ambiental. **Sociedade e Natureza**. v. 35, e6736, 2023b. 10.14393/SN-v35-2023-67360.

ALMEIDA, M. V. de; Matriz de Avaliação do Potencial Turístico de Localidades Receptoras. **Turismo em Análise**. USP, v. 20, n. 3, p. 541-561, 2009.

BENI, M. C. **Análise estrutural do turismo**. 11ª ed. Rev. e atualizada. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

CUNHA, L. Avaliação do Potencial Turístico. **Cogitur, Journal of Tourism Studies**, v. 1, n. 1, jan. 2008. Disponível em: https://recil.ensinulusofona.pt/bitstream/10437/384/1/artigo_liciniocunha.pdf. Acesso em: 19 set. 2023.

DANTAS, N. L. S.; DANTAS, A. V. S. Percepção dos impactos do turismo na comunidade de Pitangui (RN). **Ateliê do turismo**. v. 5, n. 2, p. 129-146, Campo Grande, 2021.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. rev. e ampl. – Brasília: Embrapa, 2018.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise espacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

GOMES, C. S. C. D. **Potencial turístico de destinos: proposta de um modelo de avaliação com base nos recursos endógenos**. Tese (Doutorado em Turismo). Natal: Programa de Pós-graduação em Turismo/UFRN, 2019. 180p.

OMT. **Introducción al turismo**. 1ª Ed., OMT, 1998. Disponível em: <http://www.utntyh.com/wp-content/uploads/2011/09/INTRODUCCION-AL-TURISMO-OMT.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

GOULART, D. **Princesa do Sertão**. Direção: Deraldo Goulart. 1 vídeo. (116 min.). Brasília: TV Senado, 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SPiPD-3htJo>. Acesso em: 19 set. 2023.

SEN, A. K. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução: MOTTA, L. T.; revisão técnica: MENDES, R. D. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

VASCONCELLOS, B. **Caminhos da Reportagem**: lugares esquecidos. 1 vídeo. Roteiro e direção: Bianca Vasconcellos, (52 min.). Brasília: TV Brasil, 2015. Disponível em: <https://tvbrasil.ebc.com.br/caminhosdareportagem/episodio/lugares-esquecidos>. Acesso em: 19 set. 2023.

CAPÍTULO 5

PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS PARA A INVESTIGAÇÃO DOS CLIMAS NAS CIDADES A PARTIR DO SISTEMA-CLIMA-URBANO

Francisco Resende de Albuquerque

Joel Silva dos Santos

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Maria Elisa Zanella

CLIMA URBANO: UMA VISÃO INTRODUTÓRIA

A relação entre cidade e clima local tem sido estudada há pelo menos duzentos anos, com destaque para a obra exordial *The Climate of London: Deduced from Meteorological Observations, Made at Different Places in the Neighborhood of the Metropolis, Volume 1*, publicado em 1833 por L. Howard. Nesse estudo, a partir de observações meteorológicas, a temperatura do ar é relacionada a fontes antropogênicas de calor, como também à superfície e morfologia urbanas, à poluição atmosférica e à umidade na cidade de Londres (Howard, 1833).

Em 1937, na primeira edição da *Das Stadtklima*, A. Kratzer, ao analisar o domínio da Climatologia Urbana, demarca os contornos da recente *Urban Climate* à escala mesoclimático, com foco na descrição do “clima de pequena área, um clima para seres humanos dentro de uma área limitada” (KRATZER, 1956,

p. 1-2). No primeiro momento de consolidação, a *Urban Climate* amparou-se no limbo entre modelos macroclimáticos, de competência da Meteorologia, e microclimáticos, de domínio da Agro, Micro e Bioclimatologia, como pode ser evidenciado no livro *The Climate Near the Ground*, que teve a primeira edição em 1927 (GEIGER, 1980), e na obra *Weather and Life: An Introduction to Biometeorology*, publicada em 1969 (Lowry, 1969).

O estudo do Clima Urbano ganhou força na década de 60 do século XX quando a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) promoveu uma série de debates em torno da Climatologia Urbana, com destaque para o *Symposium on Urban Climates and Building Climatology*, organizado juntamente com a Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1968. O relatório *Urban Climates*, resultado desse evento, enfatiza que, mesmo diante da dificuldade de separar controles puramente urbanos das influências da meteorologia sinóptica, essa área do conhecimento evoluiu da observação e descrição de fenômenos climáticos urbanos para a construção de teorias fundamentadas em parâmetros e controles do clima nas cidades (WMO, 1970).

No final do século XX, o esforço para a difusão da Climatologia Urbana, com ênfase na *Urban Climate*, foi dissipado na OMM, resultando na extinção, em 1983, do *Committee for Special Applications of Meteorology and Climatology*, criado em 1971 (Mackillop, 2010). No entanto, as pesquisas na área do Clima Urbano promoveram, na segunda metade do século XX, um aumento considerável nas publicações científicas e o surgimento de modelos físicos para a descrição e compreensão da atmosfera urbana (Oke; Mills; Christen; Voogt, 2017). Esse processo culminou, em 2001, na fundação da *International Association for Urban Climate*

(IAUC), entidade que agrega estudiosos nas áreas de climatologia e meteorologia urbanas, biometeorologia e bioclimatologia nos ecossistemas urbanos.

A consolidação de uma área do conhecimento, no âmbito científico, impõe uma linguagem específica, teorias substanciais e métodos, assim como a construção de modelos a partir da seleção de determinados aspectos, variáveis ou categorias da realidade (Sarukkai, 2012). Nesse processo, é importante ressaltar, que o sujeito também demarca os contornos de compreensão e apreensão do objeto de estudo, o que resulta, geralmente, em uma estratificação paradigmática diante da necessidade de validação do objeto, especialmente em uma área interdisciplinar recente como a *Urban Climate*, permeada por teorias e metodologias comuns a vários ramos do saber.

Nos últimos anos, as preocupações sobre os efeitos das mudanças climáticas, como evidenciado no *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – Climate Change 2022*, têm fomentado modelos mesoclimáticos com base em teorias e práticas meteorológicas para a descrição de fenômenos atmosféricos, levando ao uso dos termos ‘Climatologia Urbana’ e ‘Meteorologia Urbana’ como sinônimos (Mills, 2014). Entretanto, no artigo *Methods in Urban Climatology*, T. R. Oke define Meteorologia Urbana como o estudo dos processos físicos, químicos e biológicos que produzem ou alteram determinado estado atmosférico nas cidades, enquanto a Climatologia Urbana é entendida como o estudo dos estados de tempo atmosféricos estatisticamente mais frequentes nas áreas citadinas (Oke, 1984). Essas concepções teóricas sugerem uma visão estatística e estática para a compreensão dos fenômenos

atmosféricos urbanos. A *Urban Climate* seria, então, uma interface entre a Climatologia e a Meteorologia Urbanas, com “ênfase especial na Climatologia Física das cidades” para o estudo do clima local visando a implementação de políticas públicas (Oke; Mills; Christen; Voogt, 2017, p. 14).

No domínio das ciências atmosféricas, a apreensão da cidade como protagonista do clima é amparada pela matriz Ecossistema Urbano, que é assentada na interação de componentes sociais, biológicos e físicos do ambiente artificial conforme a influência de diferentes forças e formas de transferências de matéria e energia através de uma fronteira (Berkowitz; Nilon; Hollweg, 2003). Nesse contexto, a área Clima Urbano é circundada por modelos físicos direcionados para a caracterização de anomalias térmicas, como as Ilhas de Calor Urbanas (ICUs), que tomam como referência o sistema e a vizinhança próxima, ou seja, o urbano e o rural (Gartland, 2008). Essa perspectiva termodinâmica, com fundamento no balanço de energia e de matéria, também é empregada para conceituar a “*active*” surface, ou “plano da atividade climática em um sistema”, conforme a obra *Boundary Layer Climates* (Oke, 1987, p. 33).

A escala de análise é outro parâmetro diferenciador no estudo climático urbano, pois dependendo da abordagem metodológica, o fenômeno é reduzido a um “ruído” na atmosfera, principalmente quando desconsiderados o espaço intraurbano e o dinamismo e interações atmosféricas (Amorim, 2020). Nessa conjuntura, a adoção de escalas no ambiente urbano, de interesse horizontal (microescala, escala local e mesoescala) e vertical (camada limite planetária, camada limite urbana, camada de cobertura urbana e camada limite rural), tem contribuído para o

desenvolvimento de metodologias voltadas para a compreensão da natureza e dos efeitos da cidade na atmosfera local (Fialho, 2012).

No início do século XXI a construção de tipologias de classificação da paisagem urbana passou a ser promovida para o estudo climático nas cidades, com destaque para as metodologias *Thermal Climate Zones (TCZ)* (Stewart; Oke 2009) e *Local Climate Zones (LCZ)* (Stewart; Oke 2012). Essas técnicas, apoiadas em metadados que descrevem a morfologia e a superfície do solo na camada de cobertura urbana, auxiliam na caracterização do campo térmico das cidades, principalmente das Ilhas de Calor Urbanas (ICUs).

No *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, atualizado em 2017, a OMM recomenda a metodologia *Urban Climate Zones (UCZ)* para a descrição da capacidade das cidades de afetarem o clima local (WMO, 2018), enquanto que no âmbito europeu, o método *Urban Climatic Maps (UCMap)*, com fundamento na identificação das interações sinérgicas do campo térmico, da dinâmica eólica e da qualidade do ar, descreve cartograficamente as condições climáticas urbanas para o planejamento territorial (VDI 3787 – Parte 1: 2015-09).

Os climatopos, na metodologia *UCMap* (Scherer *et al.*, 1999), assim como as tipologias *TCZ*, *LCZ* e *UCZ* estão amparados em um modelo ecossistêmico e estático da atmosfera das cidades. Nesse sistema, o clima urbano representa “as formas como as cidades interagem com suas atmosferas sobre escalas que se estendem das paredes e telhados até cidades inteiras” (Oke; Mills; Christen; Voogt, 2017, p. XX), mas tal perspectiva não leva em

conta aspectos astronômicos do sol, a dinâmica do macroclima regional e o ritmo climático em uma concepção sorreana.

No livro *The Urban Climate*, publicado em 1981, H. E. Landsberg reconhece que o “clima urbano não pode ser visto isoladamente”, entretanto, o autor apresenta o clima urbano como uma manifestação estatística de eventos climáticos diários em uma área, regidos por padrões na escala meteorológica sinóptica (Landsberg, 1981, p. 17). No Brasil, esse paradigma estático do clima é refutado por C. A. F. Monteiro com base na Geografia Humana de M. Sorre, e para ele a estatística, ao representar elementos climáticos, origina uma abstração “desprovida de realidade” que omite o decurso dos fenômenos no tempo (Monteiro, 1976, p. 6).

Na Teoria Sistema Clima Urbano (SCU), criada por C. A. F. Monteiro, o clima urbano é concebido como um sistema dinâmico adaptativo. Uma das premissas do modelo é que o espaço urbanizado constitui o núcleo que mantém íntima relação com o ambiente regional imediato, cuja gênese e comportamento podem ser mensurados pela Análise Rítmica (MONTEIRO, 1976). Nessa teoria, em uma concepção sorreana, o clima representa a “série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual”, um paradigma climático que coloca o ritmo – “o tempo e seu desempenho sequencial” - como “a maior responsabilidade em revelar a natureza do clima” (Monteiro, 1976, p. 6-10).

Na metodologia Análise Rítmica, para a descrição do ritmo climático, a interpretação dos elementos básicos do clima exige a compreensão de dois componentes fundamentais: a radiação

solar e a circulação atmosférica secundária. Mas a “preocupação com o fenômeno da radiação [...] tem sido incipiente ou nula” (Monteiro, 1971, p. 30). Nesse processo de análise a escolha da escala de representação de cada elemento climático é de suma importância para a decomposição temporal dos estados atmosféricos e para a identificação de padrões com fundamento na “interação dos elementos” em unidades de tempo “pelo menos diárias” (Monteiro, 1971, p. 9). Desse modo, a compreensão dos padrões de tempo meteorológico na vizinhança próxima do sistema clima-urbano apresenta-se como um pressuposto para a pesquisa climática e caracterização dos fenômenos atmosféricos locais.

Nessa conjuntura, o problema que orienta esse estudo, a partir de uma abordagem interdisciplinar, é o seguinte: “Como implementar metodologias de análise da dinâmica atmosférica regional para auxiliar as técnicas de classificação de paisagem urbanas visando o estudo do clima nas cidades? Diante dessa problemática, o objetivo do estudo é “apresentar um percurso metodológico para a investigação e representação da sucessão habitual do tempo meteorológico, na escala temporal horária, em uma cidade de médio porte”. O caminho para alcançar esse objetivo é orientado pela contribuição teórico-metodológica do professor C. A. F. Monteiro, que implementou um diálogo multiescalar por meio da metodologia Análise Rítmica e da Teoria Sistema-Clima-Urbano (SCU).

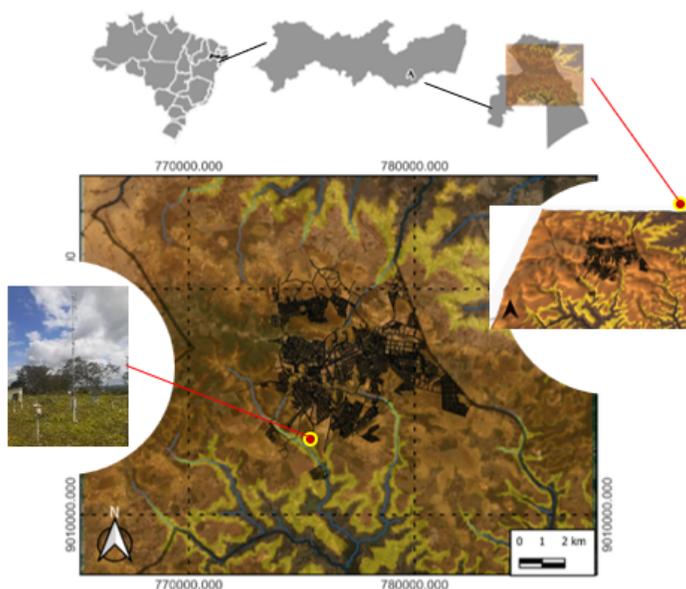
ÁREA DE ESTUDO

Os registros climáticos horários, entre 20 junho de 2008 e 19 de junho de 2009, foram levantados na estação meteorológica automática A322 localizada no município de Garanhuns, no Agreste Meridional de Pernambuco, entre as coordenadas geográficas $08^{\circ}51'00''/08^{\circ}55'00''$ de latitude sul e $36^{\circ}31'00''/36^{\circ}27'00''$ de longitude oeste (Figura 5.1).

PERCURSO METODOLÓGICO

Para o estudo, após identificação da estação automática A322–Garanhuns–PE, localizada em uma altitude de 827,8 m, os parâmetros climáticos foram solicitados no endereço <https://bdmep.inmet.gov.br/>. O banco de dados encaminhado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foi manuseado no Microsoft Excel conforme instruções do “Capítulo 2 – Exame de seus Dados”, do livro “Análise Multivariada de Dados” (Hair *et al.*, 2009).

Figura 5.1 – Mapa da área de estudo no município de Garanhuns, Pernambuco.



Fonte: Os autores (2023), a partir do programa QGIS.

Posteriormente, no programa R, com auxílio da interface RStudio, foi escrito *script* (série de instruções) para a segmentação horária de cada elemento climático visando a representação das informações em matrizes. Essas matrizes foram exportadas para o *software* Microsoft Excel após a rotulação dos horários em 24 colunas (00:00 h – 23:00 h) e das datas em 365 linhas (20 jun. 2008 a 19 jun. 2009).

Em seguida, no *software* OriginPro foram construídos gráficos bidimensionais e de superfície, além de gráficos tridimensionais dos elementos climáticos na escala horária para análise do comportamento da atmosfera regional no município

de Garanhuns-PE, e para a identificação de anomalias, especialmente as térmicas e na umidade relativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O caminho do Sol

Na publicação “Análise Rítmica em Climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo [...]”, C. A. F. Monteiro resalta a importância da radiação solar para a interpretação dos fenômenos climáticos, com ênfase no balanço de radiação (Monteiro, 1971). A radiação solar que incide no topo da atmosfera depende da distribuição espectral da radiação e do movimento aparente do sol, que está relacionado a inclinação do eixo terrestre e do movimento de translação da Terra (Varejão-Silva, 2006).

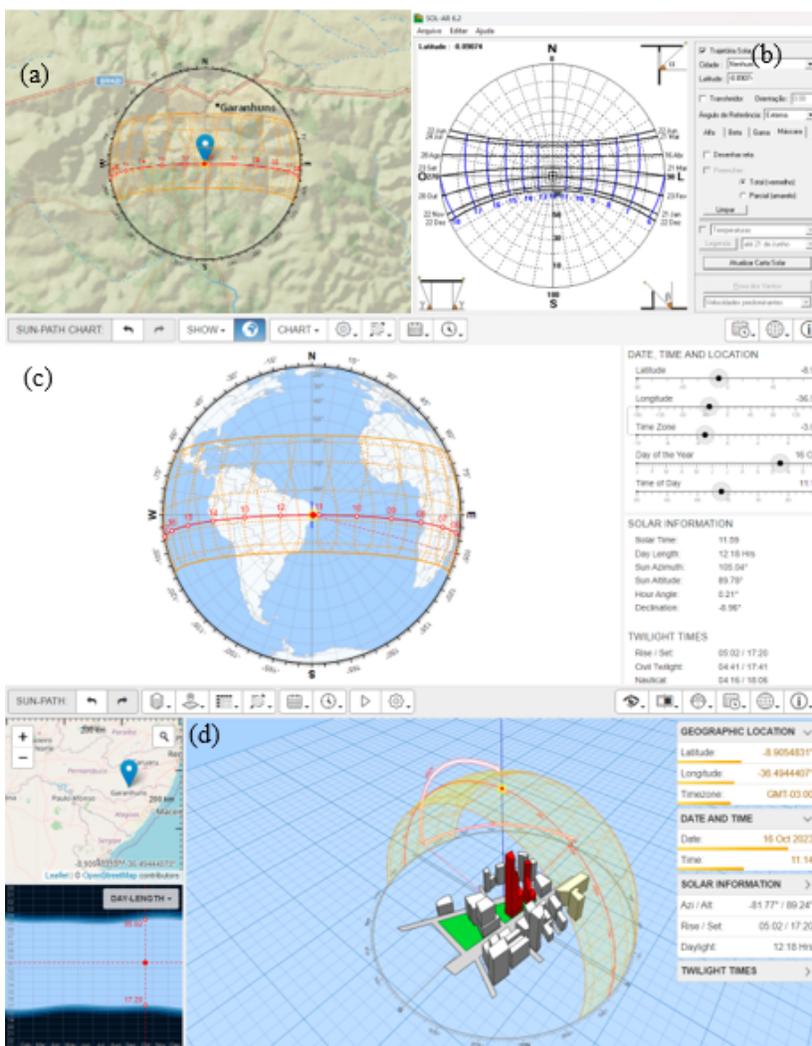
A irradiância solar na superfície terrestre varia com o ângulo formado entre os raios solares e o zênite local, e é uma função da latitude local, do azimute solar, do ângulo horário, da declividade da superfície e da declinação solar (Boczko, 1984). Mas a complexidade dos cálculos astronômicos, para compreensão da irradiância solar, fundamentados na trigonometria esférica (IQBAL, 1983), é simplificada pelo uso de Cartas ou Diagramas Solares.

As Cartas Solares representam as projeções da trajetória aparente do sol na abóbada celeste sobre o plano do horizonte local, que mudam ao longo do ano em uma latitude específica. Na internet são encontrados programas que ilustram Cartas Solares, como o *software Analysis SOL-AR* (Figura 5.2a), armazenado no sítio <https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/software>, e os

programas no sítio <https://andrewmarsh.com/software/> (Figura 5.2b, 5.2c e 5.2d), além do pacote '*solrad*' no programa R.

Na Carta Solar, o centro do diagrama corresponde à projeção da vertical local e as circunferências concêntricas equivalem aos ângulos zenitais, enquanto os ângulos azimutais são indicados nas extremidades (VAREJÃO-SILVA, 2006). No diagrama também são identificados a duração do dia, os instantes de nascer e pôr do sol e a insolação direta em paredes verticais para análise de conforto térmico.

Figura 5.2 – (a) Carta Solar no Analysis SOL-AR; e representações do caminho do sol nos softwares (b) *Sun-Path on Map*; (c) *2D Sun Path*; e (d) *3D Sun Path*, do desenvolver Andrew Marsh.



Fonte: Os autores (2023), a partir do programa Analysis SOL-AR e dos softwares no sítio <https://andrewmarsh.com/software/>.

Na Figura 5.2a é possível verificar, por meio da Carta Solar, que na cidade de Garanhuns-PE a máxima irradiância solar ocorre nos dias 20 de outubro e 23 de fevereiro (aproximados), antes e após o solstício de verão, quando os raios solares incidem com um ângulo de 90° sobre o plano local (Figura 5.2d). O caminho solar aparente é uma característica da latitude local, e esse parâmetro contribui para a compreensão do clima urbano, que é geralmente orientada para a análise nos períodos “seco” e “chuvoso”.

O pré-tratamento dos dados climáticos

Os dados encaminhados pelo INMET, no formato .csv (*character-separated values*), foram convertidos para a configuração .xlsx (*open XML format spreadsheet file*) com o intuito de estruturação das informações. Na planilha do programa Microsoft Excel foram criadas 23 (vinte e três) colunas conforme a Tabela 5.1. Nas colunas A e B as datas e horários originais, em UTC (Tempo Universal Coordenado) (*h_utc*), foram convertidos para o Horário de Brasília (*h_br*), e os códigos das colunas na planilha escritos de forma concisa e sem acentos, com os decimais dos dados numéricas separados por ponto (.) para posterior manuseio do banco de dados no programa R, através da interface RStudio.

No banco de dados, composto por 8760 linhas, para a comparação de possíveis informações anuais representadas por matrizes, usando álgebra matricial, partiu-se do entendimento da necessidade de exclusão do dia 29 de fevereiro nos anos bissextos. Os objetos horários ou vetores, compostos pelos ele-

mentos climáticos, foram identificados pela coluna “cod_objeto”, com indicação da data e horário, da incidência de precipitação, de umidade relativa inferior a 40% e do sistema atmosférico, quando identificado.

Tabela 5.1 – Estrutura utilizada para formatação do banco de dados dos elementos climáticos horários, entre 20 junho de 2008 e 19 junho de 2009, em planilha do Microsoft Excel, com as respectivas fórmulas usadas nas células.

A	B	C	D	E	F	G
dt_utc	h_utc	h_br	h_br_txt	d_txt	mes	ano
20/06/2008	3:00	00:00	00	20	06	08
(...)						
H	I	J	K	L		
dt_br	cd_data	cd_chu	cd_umi	cd_objeto		
=CONCAT(E2;"/";F2;"/";G2)	=CONCAT(D2;"_";E2;"_";F2;"_";G2)	=SE(P2>0;"P";"NA")	=SE(U2<=40;"U";"NA")	=CONCAT(I2;"_";SE(J2="P";"P";"U");"_";SE(K2="U";"U";"U"))		
20/06/08	00_20_06_08	P	NA	00_20_06_08_P_		
(...)						
M	N	O	P	Q		
sist_atm	cd_sist	periodo	chu	pre		
ZCIT	=CONCAT(L2;"_";M2)	=SE(R2<=0;"noite";"dia")	0.2	924.0		
FF	01_20_06_08_FF	Noite	0.0	923.5		

(...)

R	S	T	U	V	W
rad	temp	orv	Umi	dir	vel
0.0	17.1	16.7	98.0	126.0	1.5

Fonte: Os autores (2023).

* chu – precipitação total horária (mm); pre – pressão atmosférica ao nível da estação (hPa); rad – radiação global (kJ.m^{-2}); temp – temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); orv – temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$); umi – umidade relativa do ar horária (%); dir – direção horária do vento (graus); e vel – velocidade do vento (m.s^{-1}).

No livro “Análise Multivariada de Dados” o exame de dados perdidos, que expressa valores sobre uma ou mais variáveis que “não estão disponíveis para análise”, é de suma importância, pois impacta o tamanho da amostra e a tendência não-aleatória das estatísticas (HAIR *et al.*, 2009, p. 57). No banco de dados encaminhado pelo INMET, a partir do comando “CONTAR.VAZIO(INTERVALO)”, não foram identificadas células vazias na planilha Excel, mas se presentes, métodos de atribuição poderiam ser manipulados ou serem preenchidas com o termo “NA” (*not available*) para uso do banco de dados no programa R.

R-Studio e a representação matricial dos dados

O R é uma linguagem amplamente usada para “explorar dados, produzir funções, computar linhas de comando ou para utilizar pacotes disponíveis na rede CRAN (*Comprehensive R Archive Network*)” (ALCOFORADO, 2021, p. 20). O programa R, com fonte livre e gratuito, foi baixado no sítio <https://cran.r-project>.

org/bin/windows/base/ e na sequência foi realizado o *download* do *software* RStudio no *link* <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>, que é um ambiente de desenvolvimento integrado do R.

O programa R é composto por vários pacotes (*packages*) ou *libraries* que designam um conjunto de comandos que pode ser baixado para que determinado objetivo seja atingido (MELLO; PETERNELLI, 2013), ampliando a aplicabilidade da linguagem pela redução do tempo gasto e devido aos melhores resultados.

Na interface RStudio é possível utilizar diversas funções para importar um banco de dados para o ambiente R, entretanto, nesse estudo, o arquivo de “dados_08_09.xlsx” formatado no Excel, foi exportado como “dados_08_09.txt” e em seguida incorporado na plataforma para manipulação das informações através da indicação do caminho e do tipo de arquivo (*read table*).

Na Figura 5.3 encontra-se o *script* ou série de instruções, baseada em linhas de código, construída para a segmentação da temperatura do ar nos horários de 00:00 h a 23:00 h e apresentação das informações no formato matricial. Essas instruções foram empregadas para a partição de todos os elementos climáticos (chu; pre; rad; temp; umi; dir e vel) no período entre 20 de junho de 2008 e 19 de junho de 2009. O uso da função *cbind()* no programa R viabilizou a seleção de colunas das variáveis climáticas, no item “matriz das variáveis por hora” (Figura 3), que resultou em matrizes compostas por 24 colunas (horas) e 365 linhas (dias), perfazendo 8760 objetos (24x365), cujo formato auxilia na comparação matricial de dados anuais e na representação gráfica em programas como o OriginPro.

Figura 5.3 – Instruções no RStudio para segmentação horária dos dados climáticos e representação no formato matricial.

```

1 # remover lista
2 remove(list=ls())
3 #CTRL+L
4
5 # Passo 1: Carregar os pacotes que serão usados
6
7 if(!require(dplyr)) install.packages("dplyr")
8 library(dplyr)
9 if(!require(skimr)) install.packages("skimr")
10 library(skimr)
11 if(!require(openxlsx)) install.packages("openxlsx")
12 library("openxlsx")
13
14 # Passo 2: carregar o banco de dados - selecionar o diretório de trabalho
15
16 # caminho do arquivo - cuidado com a barra
17 setwd("C:/Users/Usuário/Documents/dados_inmet_07_23/inmet_08_09")
18
19 # arquivo com dados
20 da_08_09<-read.table("dados_08_09.txt", head=TRUE)
21 View(da_08_09)
22 glimpse(da_08_09)

```

```

28 # verificação dos dados faltantes
29 skim(da_08_09)
30 class(da_08_09)
31
32 # divisão de dados por horario
33 # hora 0
34 H0_08_09<-da_08_09[da_08_09$h_br_txt=="0",]
35 H0_08_09<- rename(H0_08_09, chu_h0 = chu, pre_h0 = pre, rad_h0 = rad, temp.
36 View(H0_08_09)
37 - #####
38 # hora 1
39 H1_08_09<-da_08_09[da_08_09$h_br_txt=="1",]
40 H1_08_09<- rename(H1_08_09, chu_h1 = chu, pre_h1 = pre, rad_h1 = rad, temp.
41 View(H1_08_09)
42 - #####
43 # hora 2

```

(...)

```

143 # hora 22
144 H22_08_09<-da_08_09[da_08_09$h_br_txt=="22",]
145 H22_08_09<- rename(H22_08_09, chu_h22 = chu, pre_h22 = pre, rad_h22 = rad,
146 View(H22_08_09)
147 - #####
148 # hora 23
149 H23_08_09<-da_08_09[da_08_09$h_br_txt=="23",]
150 H23_08_09<- rename(H23_08_09, chu_h23 = chu, pre_h23 = pre, rad_h23 = rad,
151 View(H23_08_09)
152
153 # matriz das variáveis por hora
154
155 # temperatura (temp)
156 mat_08_09_temp<- cbind(H0_08_09[, c(8,19)],
157                        H1_08_09[, c(8,19)],
158                        H2_08_09[, c(8,19)],
159                        H3_08_09[, c(8,19)],

```

(...)

```

176         H20_08_09[,c(8,19)],
177         H21_08_09[,c(8,19)],
178         H22_08_09[,c(8,19)],
179         H23_08_09[,c(8,19)])
180 View(mat_08_09_temp)
181 mat_08_09_temp<-mat_08_09_temp[,~c(3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29,
182         31,33,35,37,39,41,43,45,47)]
183 View(mat_08_09_temp)
184
185 #rotulo dos horários
186 mat_08_09_temp<-rename(mat_08_09_temp, "00:00" = temp_h0,
187         "01:00" = temp_h1,
188         "02:00" = temp_h2,
189
190         (...),
191
192         "22:00" = temp_h22,
193         "23:00" = temp_h23)
194 View(mat_08_09_temp)
195 class(mat_08_09_temp)
196
197 # Exportar matriz de dados horarios temperatura
198 write.xlsx(mat_08_09_temp, file="mat_08_09_temp.xlsx")
199

```

Fonte: Os autores (2023).

As múltiplas representações dos dados climáticos

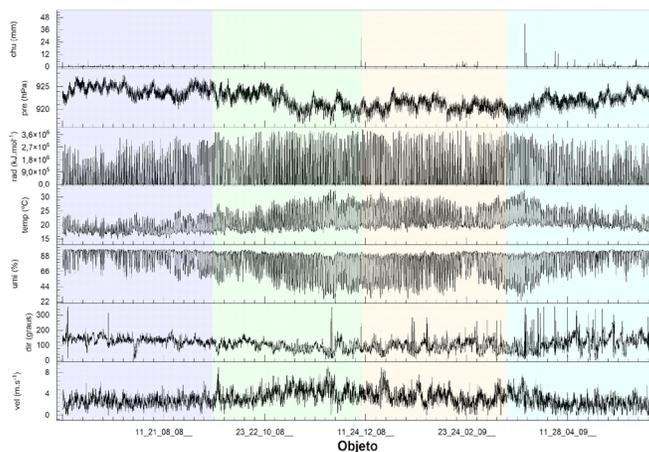
Os dados, sejam números, caracteres, palavras, imagens ou outros símbolos, portam significados que podem ser resumidos e visualizados de diferentes formas, dentre as quais se destaca a representação gráfica (Foxwell, 2020). A extração de informações, a partir de medidas quantitativas ou qualitativas, é um grande desafio que requer a compreensão dos tipos de dados e do comportamento das variáveis no tempo e no espaço.

Na metodologia Análise Rítmica, que é dirigida para a identificação de padrões e de excepcionalidades na sucessão habitual do tempo meteorológico, um dos pressupostos é o exame gráfico mediante a decomposição cronológica dos elementos climáticos, que geralmente é diária (Monteiro, 1971). Nesse contexto de análise conjunta de variáveis, convém ressaltar que o uso da Análise Multivariada, para a compreensão do ritmo climático, normalmente é protraído, mas tal temática não será abordada nesse estudo.

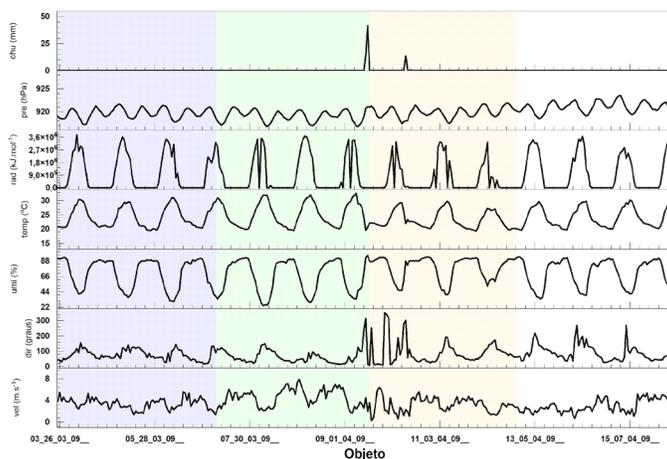
O comportamento dos elementos climáticos, no formato “Stack”, entre 20 de junho de 2008 e 19 de junho de 2009, é retratado na Figura 5.4a, com os horários (data e hora - cd_objeto) representados no eixo da abscissa (X) e as variáveis no eixo das ordenadas (Y). A aparente aleatoriedade dos dados é desnudada na Figura 5.4b, que retrata uma evolução periódica das variáveis climáticas no intervalo de 14 (quatorze) dias, com exceção da precipitação, demonstrando a importância da escala temporal para o estudo dos fenômenos climáticos.

Figura 5.4 – Representação (a) dos elementos climáticos horários no período de 20 de junho de 2008 a 19 de junho de 2009; e (b) entre 26 de março e 08 de abril de 2009.

(a)



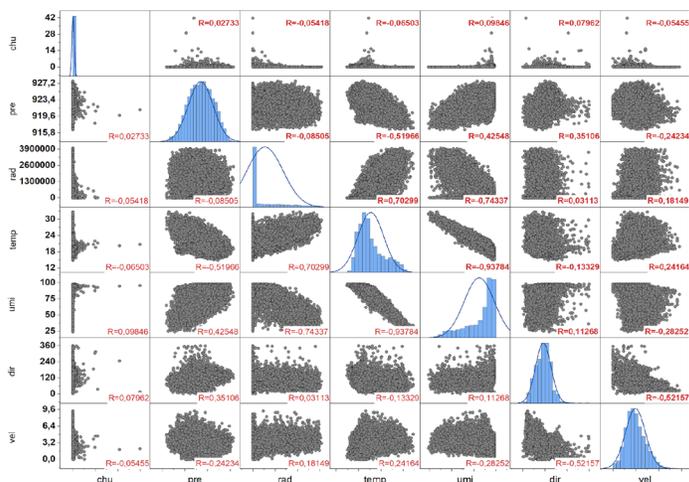
(b)



Fonte: Os autores (2023), com emprego do software OriginPro

A regularidade cíclica das variáveis, observada na Figura 5.4b, reforça a concepção sorreana do clima e a orientação para o uso cuidadoso das estatísticas na descrição de fenômenos climáticos (MONTEIRO, 1976). Além desses aspectos, o emprego de uma escala temporal adequada contribui para uma visão mais ampla das “ocorrências de fenômenos ambientais e sociais, possibilitando análises mais completas” dos processos dinâmicos (COSTA; SEABRA, 2019, p. 50), especialmente no ambiente urbano.

Figura 5.5 – Matriz de dispersão dos elementos climáticos horários no período de 20 de junho de 2008 a 19 de junho de 2009.



Fonte: Os autores (2023), com emprego do *software* OriginPro.

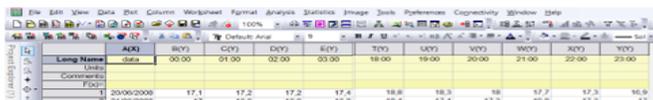
A matriz de dispersão dos dados climáticos, grade que facilita a identificação visual das correlações entre as variáveis, é apresentada na Figura 5.5. Os histogramas de distribuição dos elementos do clima estão dispostos na diagonal da matriz, que também integra os diagramas de dispersão no plano cartesiano (Hair *et al.*, 2009). No exame da matriz de dispersão evidencia-se uma elevada correlação entre Temperatura-Umidade Relativa, confirmada pelo coeficiente de correlação de Pearson, da ordem de -0,938.

O coeficiente de correlação de Pearson é uma grandeza que varia entre -1 e +1, e através do seu sinal é possível verificar o tipo de relação linear entre duas variáveis (Fávero; Belfiore, 2017). É importante destacar que esse coeficiente é uma medida da

extensão de um efeito, pois valores entre $\pm 0,10$ representam um “pequeno” efeito, enquanto aqueles na faixa de $\pm 0,30$ indicam um efeito “médio” e os da ordem de $\pm 0,50$ expressam um “grande” efeito (Field, 2009). Essa perspectiva mais intensa é constatada nas relações, já previsíveis, entre radiação-temperatura (+0,703), radiação-umidade (-0,743) e temperatura-umidade (-0,938).

No que tange à representação tridimensional das variáveis climáticas, com um plano de diferenciação dia-hora, a construção de planilhas do tipo matriz é muito útil. Nesse sentido, a partir da execução do *script* revelado na Figura 4 para a segmentação dos elementos climáticos, os dados dos arquivos exportados do programa R no formato .xlsx, com a configuração matricial, foram copiados para o programa OriginPro, conforme demonstra a Figura 5.6.

Figura 5.6 – Planilha na configuração matricial no OriginPro, para a variável temperatura do ar, com rótulos nas 365 linhas (dias) e nas 24 colunas (horas).



Long Name	Data	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
20/06/2008		17,1	17,2	17,2	17,4	18,8	18,3	18	17,7	17,3	16,9														
21/06/2008		17	16,9	16,9	16,8	18,4	17,4	17,3	16,8	17,3	17														

Fonte: Autores (2023).

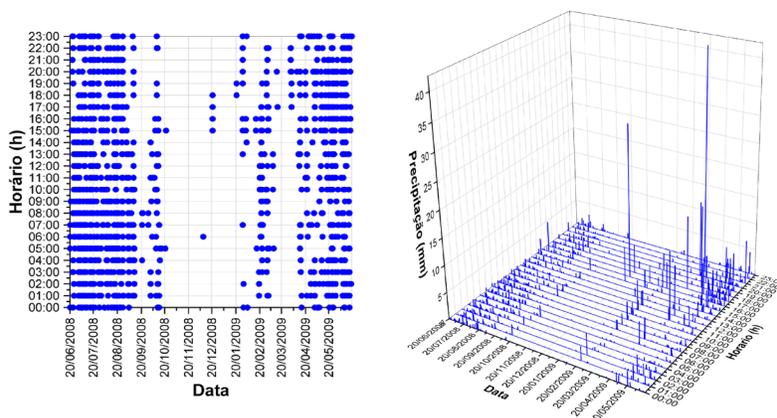
No OriginPro, para a confecção de gráficos espaciais, a edição da planilha na configuração matricial evita a transformação dos dados para o formato de matriz, como ocorre quando existe uma única coluna com as datas e horários (eixo da abcissa (X)). Vencida essa etapa, a construção dos gráficos tridimensionais decorre da seleção do banco de dados, do comando *plot* na

barra de ferramentas e da escolha das categorias *3D Colormap Surface*, *Contour Profiles* ou *Contour Color Fill*.

Na metodologia Análise Rítmica, como uma das maneiras para resolver o problema do intervalo a ser focalizado para o exame da circulação atmosférica, os anos padrões, tidos como normais, são diferenciados dos anos “secos” e “chuvosos” em um período que geralmente varia de 15 a 30 anos (Tavares, 1976, p. 81). Esses padrões “secos” ou “chuvosos” não se referem aos totais anuais de chuva, mas à distribuição mais frequente da precipitação no decorrer do ano (Monteiro, 1971).

A atenção nas análises do ritmo do tempo meteorológico e das excepcionalidades climáticas é notadamente voltada para o arranjo das precipitações na forma de chuva, demonstrada na Figura 5.7 para a área de estudo. O período de menor incidência pluviométrica, no lapso temporal investigado, ocorreu entre o final de outubro e fevereiro (Ver Figura 2a), com a intensificação das chuvas entre maio e agosto. Nesse estudo, os sistemas atmosféricos atuantes no Planalto da Borborema não são analisados, mas convém destacar o trabalho de A. G. Ferreira e N. G. Silva Mello intitulado “Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região” (Ferreira; Mello, 2005).

Figura 5.7 – Distribuição da precipitação com relação aos dias e horas entre 20 de junho de 2008 e 19 de junho de 2009.



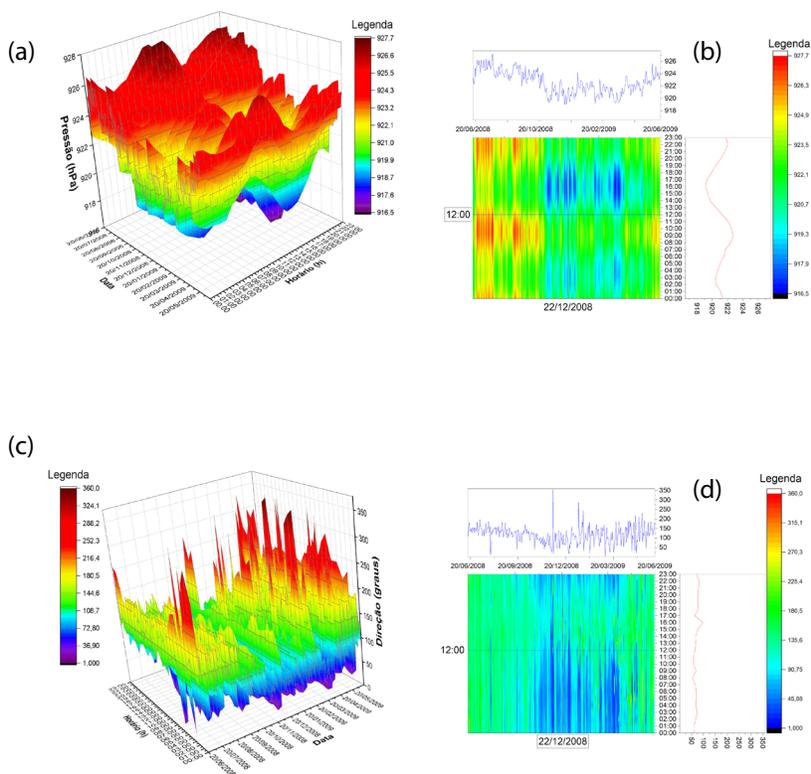
Fonte: Autores (2023), com emprego do *software* OriginPro.

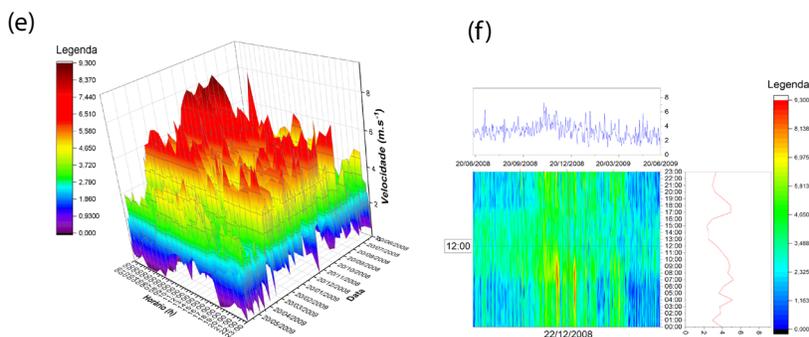
A pressão atmosférica corresponde ao peso exercido pela coluna de ar em determinado local, e em virtude do aquecimento e do resfriamento do solo, da mudança da densidade do ar acima da superfície e de outros fatores, ela apresenta oscilações periódicas ao longo do dia (Cárcer; Carral, 2009), como as observadas na Figura 5.8a. As variações da pressão no nível da estação são perceptíveis na escala horária, e geralmente exibem dois máximos diários, por volta de 10:00 h e 22:00 h, intensificados entre maio e outubro, como também apresentam dois mínimos, mais ou menos às 04:00 h e às 16:00 h no horário de Brasília, e são acentuadas entre novembro e abril (Figura 5.8b).

O vento é um fenômeno condicionado pela distribuição espacial da pressão atmosférica, pois retrata o deslocamento do ar de regiões de alta pressão para as áreas de baixa pressão, provocando o transporte de calor e de vapor d'água, principalmente

no plano horizontal (Varejão-Silva, 2006). Esse fenômeno é uma grandeza vetorial, com a direção definindo a posição a partir da qual há o deslocamento da massa de ar, e conforme observado nas Figuras 5.8c e 5.8d, não obstante a sua descontinuidade, é possível identificar uma regularidade temporal.

Figura 5.8 – Representação dos elementos climáticos (a-b) pressão; (c-d) direção; e (e-f) velocidade do vento, com relação aos dias e horas de 20 de junho de 2008 a 19 de junho de 2009.

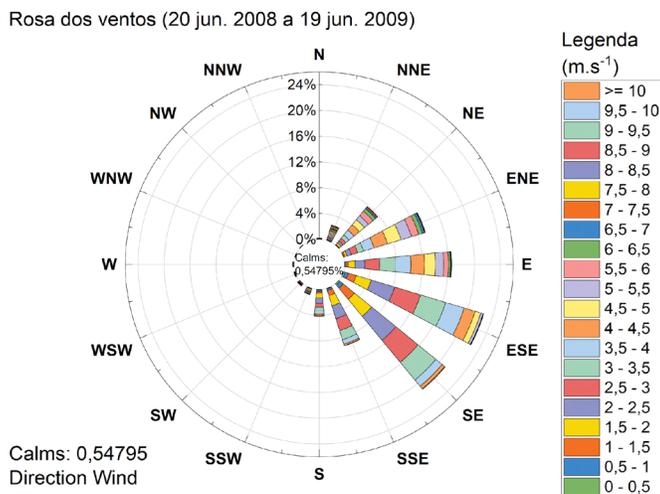




Fonte: Os autores (2023), com emprego do software OriginPro.

A composição total do vento na área de estudo é apresentada na Figura 5.9, que revela padrões bem definidos entre as direções 45° e $157,5^{\circ}$. No Gráfico Rosa dos Ventos constata-se que aproximadamente 55% do vento vêm das direções ESE (leste-sudeste- $112,5^{\circ}$), SE (sudeste- $135,0^{\circ}$) e SSE (sul-sudeste- $157,5^{\circ}$), com maior incidência entre abril e setembro (Figura 5.8d). As direções NE (nordeste- 45°), ENE (leste-nordeste- $67,5^{\circ}$) e E (leste- 90°) retêm cerca de 40% do percurso do vento, concentrados entre outubro e abril, principalmente no período noturno (Figura 5.8d). No que se refere a intensidade do vento, observa-se nas Figuras 8e e 8f a maior ocorrência de brisas, conforme a Escala Modificada de Beaufort, no período chuvoso (Figura 5.7).

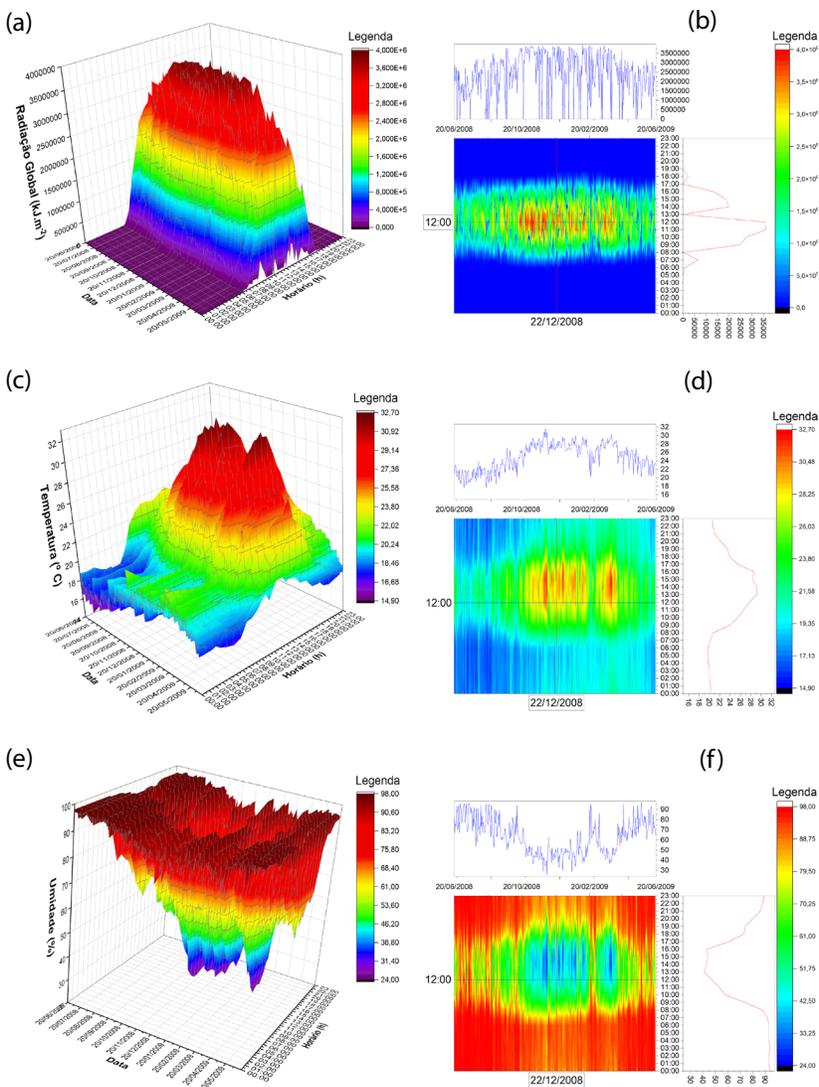
Figura 5.9 – Distribuição de frequência do vento na área de estudo entre 20 de junho de 2008 e 19 de junho de 2009.



Fonte: Autores (2023), com emprego do *software* OriginPro.

A radiação solar, principal fonte de energia do sistema terrestre, ao interagir com a Terra sofre uma série de processos, como absorção e espalhamento no topo da atmosfera e no núcleo da atmosfera, e também na superfície, que conformam o tempo e o clima atuantes em determinado local (Reboita; Da Silva, 2017). As variabilidades espaço-temporais da radiação eletromagnética solar induzem fenômenos diversificados, que abrangem os parâmetros temperatura, pressão, umidade, massa específica, dentre outros, e por isso “deve-se dedicar atenção especial à fonte primária de energia para a atmosfera” (Vianello; Alves, 2012, p. 110), motivo pelo qual na abertura desse ensaio destaca-se “O caminho do sol”.

Figura 5.10 – Representação dos elementos climáticos (a-b) radiação global; (c-d) temperatura; e (e-f) umidade, com relação aos dias e horas de 20 de junho de 2008 a 19 de junho de 2009.



Fonte: Os autores (2023), com emprego do software OriginPro.

O comportamento da Radiação Global, que abrange a radiação direta e difusa, incidente em Garanhuns-PE entre meados de 2008 e 2009, é representado nas Figuras 5.10a e 5.10b. Esse período, como etapa inicial e que compreende o verão, foi definido em virtude da constatação, no ensaio “Identificação de estados de tempo atmosféricos empregando análise de agrupamentos para o estudo do clima urbano” (Albuquerque; Lima; Dos Santos, 2023), de anomalias na umidade relativa da região que não são percebidas quando estatísticas descrevem esse parâmetro.

A temperatura do ar à superfície é caracterizada por uma sequência diária e horária demonstrada na Figura 5.10c, que apresenta uma assimetria mensal (Figura 5.10d) provavelmente determinada pela passagem do Sol pelo zênite local em meados de outubro e fevereiro, como evidenciado no Diagrama Solar (Figura 5.2). Nas Figuras 5.10c e 5.10d, pode-se verificar a ocorrência de um máximo diário térmico (temperatura máxima do dia), geralmente duas horas depois da culminação do Sol, como também de um mínimo (temperatura mínima do dia), que acontece pouco antes do nascer do Sol (Varejão-Silva, 2006).

No caso da umidade, que representa a razão entre a umidade absoluta atual e a maior umidade absoluta possível (que depende da temperatura do ar), seu comportamento é apresentado nas Figuras 5.10e e 5.10f. “Em geral, a umidade relativa varia inversamente com a temperatura durante o dia, tendendo a ser menor no início da tarde e mais alta à noite” (Barry; Chorley, 2013, p. 82), aspecto corroborado pelo coeficiente de correlação de Pearson, da ordem de -0,938 (Figura 5.5), e pela comparação das Figuras 5.10d e 5.10f.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos teórico-metodológicos anglo-saxônicos, que orientam o estudo do Clima Urbano, são fundamentados em uma concepção ecossistêmica que desconsidera a vizinhança próxima no processo de classificação urbana para a investigação climática das cidades. Entretanto, em uma perspectiva sistêmica monteiriana, a compreensão do Sistema-Clima-Urbano é ampliada pela incorporação e análise do sistema atmosférico regional. Nesse sentido, a promoção de métodos para a representação e exame das variáveis climáticas de estações meteorológicas, em uma escala horária, embasados nos conceitos metodológicos da Análise Rítmica, contribuem para o entendimento do clima urbano e planejamento de cidades sustentáveis e resilientes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. R.; LIMA, E. R. V.; SANTOS, J. S. Identificação de estados de tempo atmosféricos empregando análise de agrupamentos para o estudo do clima urbano. In: **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Unicentro, Guarapuava, Paraná, 2023.
- ALCOFORADO, L. F. **Utilizando a Linguagem R**: conceitos, manipulação, visualização, modelagem e elaboração de relatórios. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.
- AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de Calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte**: teoria e prática. Curitiba: Appris, 2020.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BERKOWITZ, A. R.; NILON, C. H.; HOLLWEG, K. S. **Understanding Urban Ecosystems: A New Frontier for Science and Education**. Berlin: Springer Publishing, 2003.

BRASIL. BDMET/INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Instituto Nacional de Meteorologia**, 2023 Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep><http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 13 ago. 2023.

BOCZKO, Roberto. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

CÁRCER, Í. A.; CARRAL, P. **Apuntes de Meteorología y Climatología para el Medioambiente**. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2009.

COSTA, E. C. P.; SEABRA, V. S. Escala e Tempo na análise da paisagem. São Gonçalo: **Revista Tamoios**, v. 15, n. 1, p. 46-56, jan-jun, 2019.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de Análise de Dados: Estatística e Modelagem Multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. Curitiba: **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1. p. 15-26, 2005.

FIALHO, E. S. Ilhas de Calor: Reflexões acerca de um conceito. Boa Vista: **ACTA Geográfica**. Climatologia Geográfica, p.61-76, 2012.

FIELD, A. **Descobrendo a Estatística usando o SPSS**. 2ª ed. São Paulo: Artmed, 2009.

FOXWELL, H. J. **Creating Good Data: A Guide to Dataset Structure and Data Representation**. New York: Springer, 2020.

GARTLAND, L. **Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Island**. London: Earthscan, 2008.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. 6th ed. Cambridge: Harvard University Press, 1980.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2009.

HOWARD, L. **The Climate of London**. 1833. Edition Publisher: IAUC. Printing, January, 2006.

IQBAL, M. **An Introduction to Solar Radiation**. Toronto: Academic Press, 1983.

KRATZER, A. **The Climate of Cities**. 2nd ed. Massachusetts: American Meteorological Society, 1956.

LANDSBERG, H. **The urban climate**. International Geophysics Series, Volume 28. New York: Academic Press, 1981.

LOWRY, P. W. **Meteorology for Biologists: Weather and Life**. An Introduction to Biometeorology. New York: Academic Press, 1969.

MACKILLOP, F. **A compact history of actors, events and concepts of urban climatology and design**. 2010. Disponível em: <https://www.sed.manchester.ac.uk/architecture/research/csud/>. Acesso em: 10 set. 2023.

MELLO, M. P.; PETERNELLI, L. A. **Conhecendo o R: Uma visão mais que Estatística**. Viçosa: UFV, 2013.

MILLS, G. Urban climatology: History, status and prospects. Netherlands: **Urban Climate**, v. 10, p. 479-489, 2014.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: **Climatologia**, n. 1, p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2nd ed. England: Routledge, 1987.

OKE, T. R. Methods in Urban Climatology. Zurcher Geographische Schriften. Applied Climatology, 25th International Geographical

- Congress Symposium nº 18. **Applied Geography Zurich**, n. 19, p. 19-20, 1984.
- OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- REBOITA, M. S.; DA SILVA, G. A. M. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- SARUKKAY, S. **What is Science?** India: National Book Trust, 2012.
- SCHERER, D.; FEHRENBACH, U.; BEHA, H. D.; PARLOW, E. Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. Netherlands: **Atmospheric Environment**, Volume 33, p. 4185-4193, 1999.
- STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, USA, Volume 93, p.1879–1900, 2012.
- STEWART, I. D.; OKE, T. R. Newly Developed “Thermal Climate Zones” for Defining and Measuring Urban Heat Island “Magnitude” in the Canopy Layer. In: **Symposium on Urban Environment**, 8., 2009, Phoenix. Proceedings [...]. Phoenix: AMS, 2009.
- TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos-padrões para análise rítmica em climatologia. Rio Claro: **Geografia**, v. 1, n. 1, p. 79-87, 1976.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife, 2006. Disponível em: https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em 10 mar. 2022.
- VDI. Verein Deutscher Ingenieure. VDI-Standard: VDI 3787 Part 1:2015-09, **Environmental Meteorology** – Climate and Air Pollution Maps for Cities and Regions. Berlin: Beuth Verlag, 2015.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2012.

WMO .World Meteorological Organization. **Guide to Instruments and Methods of Observation**. Volume III – Observing Systems.

WMO-Nº 8. Geneva: World Meteorological Organization, 2018.

WMO. World Meteorological Organization. **Urban Climates**.

Technical Note Nº 108. Geneva: World Meteorological Organization, 1970.

CAPÍTULO 6

O SETOR SUCROENERGÉTICO FRENTE AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Josicleide de Amorim Pereira Moreira

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

EFEITOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICO-FINANCEIROS RESULTANTES DA PRODUÇÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO

As mudanças climáticas têm evidenciado a urgência quanto à execução de ações coletivas no sentido de conservar e preservar o planeta. Quanto a isso, tem-se que órgãos internacionais e nacionais, governos e entidades da sociedade civil buscam soluções para o enfrentamento dos problemas ambientais mediante compromissos firmados por meio de acordos diplomáticos que visam o desenvolvimento sustentável (Moreira; Lima; Souza, 2022).

Trata-se da responsabilidade comum a todos, já que as ações antrópicas têm impactado o meio ambiente. Assim, cabe à população mundial o compromisso de suprir suas necessidades, sem comprometer o suprimento das necessidades das gerações futuras, tal como é definido o desenvolvimento sustentável pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991).

Na esfera empresarial o conceito mais adotado em termos de sustentabilidade é o que integra as dimensões social,

econômica e ambiental, denominado de *Triple Bottom Line* (TBL), cuja premissa, em linhas gerais, é rastrear, gerenciar e medir o desempenho agregado desses três pilares no âmbito corporativo (Elkington, 1997).

Nesse sentido, a sustentabilidade corporativa ultrapassa o desempenho econômico, agregando-se a esse as questões sociais e ambientais. Assim, a dimensão econômica se atenta as consequências financeiras resultantes das ações empresariais para com as partes relacionadas; a social cuida da participação em relação à manutenção e ao aprimoramento do equilíbrio do sistema (direitos e responsabilidades); e a ambiental abrange a conservação e o manejo dos recursos da natureza (Rodrigues, 2019).

Apesar de amplamente divulgado, tem-se que o idealizador do TBL fez forte crítica a sua adoção como um mero sistema contábil que emite relatórios de desempenho organizacional, uma vez que sua concepção buscou despertar um pensamento mais profundo sobre o capitalismo e o seu futuro. Sua concepção, portanto, ultrapassa ao que está posto, trata-se de trabalhar em direção a um tríplice hélice para a criação de valor, um código genético para o capitalismo do amanhã, um redimensionamento de soluções de mercado para a próxima geração, de modo a estimular a regeneração das economias, sociedades e biosfera, no sentido de posicionar uma empresa não apenas como a “melhor do mundo”, mas “a melhor do mundo pelo o mundo” (Elkington, 2018).

Diante dessa proposta, conclamam-se as entidades corporativas a envidarem esforços em busca do atendimento das

perspectivas do desenvolvimento sustentável, sobretudo, aquelas cujas atividades empresariais são classificadas como poluidoras e de excessiva pressão sobre o meio ambiente, como é o caso do setor sucroenergético, que apesar de buscar soluções no sentido de implementar melhores práticas agrícolas e industriais permanecem com alguns de seus produtos constando na tabela de Atividades Potencialmente Poluidoras, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Moreira; Lima; Menezes Júnior; Souza, 2020).

Contudo, cumpre destacar que embora o setor sucroenergético desenvolva atividades classificadas como potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais, por outro lado, constata-se que o setor tem contribuído para o desenvolvimento econômico do país, alcançando o Valor Bruto da Produção (VBP), que corresponde ao faturamento bruto que é auferido dentro do estabelecimento, para o ano de 2022, o montante de R\$99,2 bilhões faturados pelas empresas canavieiras, representando um aumento de 8,1% acima do desempenho do ano anterior, conforme divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) acerca do Valor Bruto da Produção Agropecuária, ano base 2022 (Brasil, 2023a).

Ressalta-se que a produção do setor sucroenergético tem garantido a segurança alimentar nacional, mediante a fabricação de adoçantes e de outros produtos alimentícios, mas também tem garantido o suprimento desses para outros países. Em relação a isso, o Brasil tem se posicionado como o maior exportador de açúcar do mundo, exportando o equivalente a 27,8 milhões de toneladas no ciclo 2022/2023, correspondendo a 21% da produção global da exportação mundial (UNICA, 2023).

Tais condições têm contribuído para o aumento de arrecadação de impostos aos cofres públicos, possibilitando ao poder executivo investimentos nas áreas de educação, saúde, segurança e habitação, de modo a promover melhoria de vida para a população local e circunvizinhas aos empreendimentos canavieiros (Moreira; Lima; Menezes Júnior; Souza, 2020).

Em termos sociais, importa destacar, com base nos dados de 2020, constantes na Relação Anual de Informações Sociais, do Ministério do Trabalho e Previdência, que o setor sucroenergético tem contribuído também para a geração de mais de 705 mil empregos formais diretos, que somados aos empregos indiretos conglomeram cerca de 2,1 milhões de pessoas empregadas na cadeia da cana-de-açúcar (UNICA, 2023).

Para além disso, tem-se que as atividades empresarias desenvolvidas pelo setor sucroenergético abrangem postos de trabalho tanto para profissionais com formações específicas como para a população de baixa escolaridade, a qual muitas vezes participa de projetos de qualificação para assumir outras funções, garantindo não somente sua empregabilidade com remuneração maior como também a sua inserção social.

Dentre os projetos de capacitação desenvolvidos pelo setor, destacam-se o “RenovAção” que requalificou trabalhadores rurais para novas funções, como operador de colhedora, eletricista, mecânico e motorista de caminhão, mas também para outras atividades, como horticultura e torneiro mecânico. Adicione-se a isso, o “Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-açúcar”, firmado em 2009, que estabeleceu 30 práticas trabalhistas a serem adotadas pelo

setor, resultante de uma negociação entre indústria sucroenergética, trabalhadores e governo federal (UNICA, 2022).

Já em termos ambientais, verifica-se que o setor passou a utilizar agentes biológicos para substituir os defensivos químicos como também o uso de subprodutos da cana para a fertilização organomineral do solo. Tal adoção, reduz a possibilidade de contaminação de cursos d'água e do lençol freático e ainda melhora a produtividade agrícola. Outro fato em destaque é o emprego da mecanização sem queima prévia de cana-de-açúcar, que tem minimizado ou evitado as queimadas e a emissão de gases de efeitos estufa, de modo a proteger o solo e de torná-lo mais fértil mediante os resíduos de palha que permanecem no campo, além de possibilitar a melhoria na qualidade de vida da população. O tratamento e a reutilização de águas residuárias, além da limpeza da cana a seco em substituição à lavagem são outras alternativas aplicadas para melhorar o processo. Destaca-se ainda, a compensação e/ou restauração de reserva legal obrigatória e a ampliação de áreas de preservação permanente. Adicione-se também, a produção de combustível com baixa emissão de poluente e o aproveitamento da biomassa agroindustrial residual da cana-de-açúcar para a produção da bioeletricidade e do biogás, que geram energia renovável (Conab, 2019; Andrade; Diniz, 2007; Finep, 2019).

Em se tratando de energia renovável, pode-se afirmar que a matriz energética brasileira tem se destacado, posicionando-se entre as matrizes mais limpas do mundo. Isso se deve a produção de biocombustíveis, como é o caso do etanol que é considerado um combustível verde já que reduz a emissão de gases de efeito estufa, sendo menos poluente que o pe-

tróleo e também a produção de biogás, que é utilizado tanto como fonte de energia como para fertilização organomineral ou convertido em biometano combustível veicular. Acrescente-se a isso, a produção da bioeletricidade sucroenergética que se classifica como uma fonte de energia limpa e renovável e como uma importante solução em termos de complementariedade ao Sistema Interligado Nacional e para diversificação da matriz energética nacional (CEISE BR; UNICA; COGEN; ABRACEEL, 2019; FINEP, 2019).

Com base no exposto, pode-se afirmar que o setor sucroenergético tem contribuído significativamente para o alcance do desenvolvimento sustentável, mediante a adoção de alternativas que buscam a eficiência ambiental, mas que também tem produzido efeitos positivos em termos econômico-financeiros e sociais, permitindo ao setor participar de importantes pautas de debates que visam acordos diplomáticos, entre outros, os relacionados às mudanças climáticas e a transição energética mundial.

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E A PRODUÇÃO DA BIOELETRICIDADE SUCROENERGÉTICA

As mudanças climáticas têm causado danos substanciais aos ecossistemas, populações e infraestrutura, sendo cada dia mais perceptíveis os seus impactos. Em vista disso, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) adverte que em média 3,3 e 3,6 bilhões de pessoas vivem em ambientes eminentemente vulneráveis às mudanças climáticas e que os

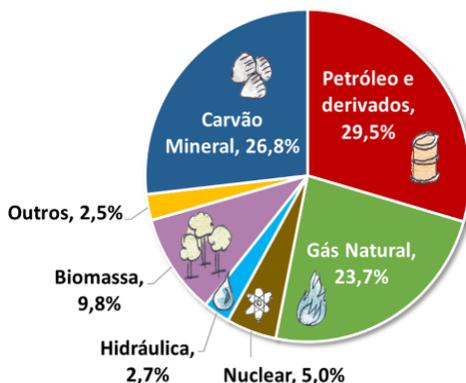
governos devem estabelecer políticas no sentido de deter as alterações climáticas e garantir o desenvolvimento sustentável (IPCC, 2022).

A transição energética é uma das soluções postas para desacelerar o aquecimento global, de modo a limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C e emissões líquidas de CO₂ para zero até 2050, vislumbrando-se, com isso, atingir as metas assumidas pelos países no Acordo de Paris.

Diante disso, o *World Energy Transitions Outlook*, relatório elaborado pela International Renewable Energy Agency (IRENA) descreve um caminho para se atingir tais metas. Em sua análise, a IRENA evidencia que mais de 90% das soluções conciliáveis aos bons resultados em 2050 envolvem energias renováveis. Tem-se ainda que a bioenergia representará 18% do consumo energético final total em 2050 e que a produção e uso sustentáveis e crescentes de biomassa são necessários em todo sistema energético. Além de outras perspectivas, alerta que é essencial a aceleração da transição energética para fins de cumprimento das metas (IRENA, 2021).

A transição energética requer mudanças na matriz energética mundial que atualmente é composta, principalmente, por fontes não renováveis, conforme mostra a Figura 6.1.

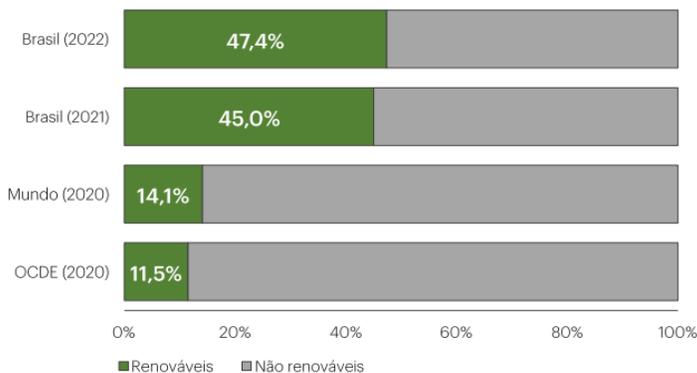
Figura 6.1 – Matriz energética mundial 2020.



Fonte: EPE (2023).

Na comparação da Oferta Interna de Energia (OIE), verifica-se que na matriz energética brasileira há maior participação das fontes renováveis em relação à matriz energética mundial, conforme pode ser visto na Figura 6.2.

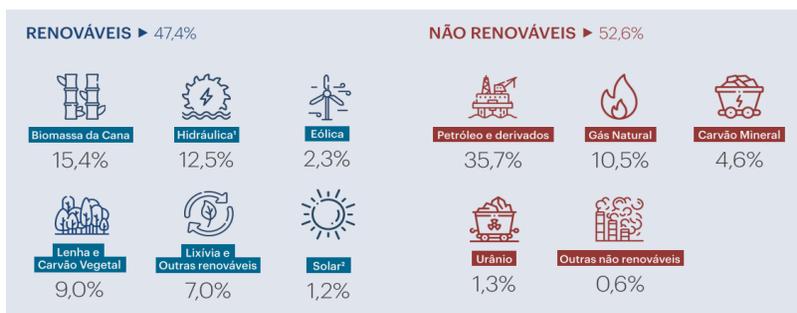
Figura 6.2 – Participação das renováveis na OIE.



Fonte: EPE (2023).

De acordo com o Balanço Energético Nacional 2023, ano base 2022, a repartição da OIE, na matriz energética brasileira, teve a participação de 47,4% de fontes renováveis e 52,6% de fontes não renováveis, sendo representadas pelas fontes dispostas na Figura 6.3.

Figura 6.3 – Repartição da Oferta Interna de Energia.



Fonte: EPE (2023).

Na Figura 6.3 é possível verificar que o setor sucroenergético tem importante participação, uma vez que a biomassa da cana representa 15,4% das fontes renováveis na OIE, ficando atrás apenas de petróleo e derivados (não-renováveis) fontes que o país ainda tem significativa dependência.

Já em relação à matriz elétrica brasileira, convém destacar que ela é composta por fontes renováveis representando 83,78% e por fontes não renováveis com representação de 16,22% do total da matriz (Brasil, 2023b). A Figura 6.4 mostra a representação de cada fonte na matriz elétrica do país.

Figura 6.4 – Matriz elétrica brasileira.



Fonte: Brasil (2023b).

Observa-se que entre as fontes renováveis a biomassa fica atrás apenas da hídrica e eólica. No que tange à biomassa da cana-de-açúcar, tem-se que o Brasil possui 422 usinas termelétricas oriundas de agroindústrias que utilizam o bagaço da cana como combustível final para a produção de bioeletricidade, cuja potência outorgada em kW equivale a 12.424.809,20 (Brasil, 2023b).

Destaca-se que a geração de bioeletricidade para a rede, a partir do bagaço da cana, para o ano de 2022, correspondeu a 18,4 mil GWh, representando 72% da eletricidade gerada por biomassa no país. o montante corresponde a quase 26% da energia elétrica gerada pela Itaipu ou o suficiente a atender 15,4% do total de consumo residencial do Brasil para o mesmo ano (UNICA, 2023a).

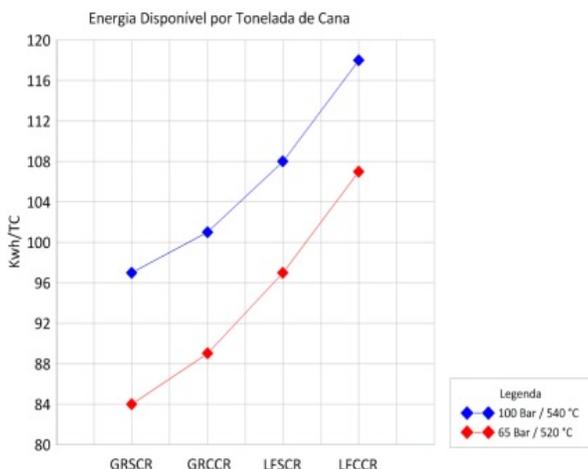
O setor tem investido e avançado na produção de bioeletricidade, contudo, verifica-se que o aproveitamento do seu potencial ainda fica aquém do que pode ser gerado pelo setor. Isso se deve ao fato de que somente 15% da biomassa existente na lavoura de cana tem sido aproveitada, caso houvesse o aproveitamento total o potencial técnico para geração de bioeletricidade chegaria a 151 mil GWh, resultando no atendimento de mais de 30% do consumo de energia no Sistema Interligado Nacional (UNICA, 2023b).

É preciso esclarecer que para além do aproveitamento pleno da biomassa da cana, deve-se considerar também a rota tecnológica adotada pelas usinas, já que a planta de cogeração instalada exerce influência no potencial de geração de eletricidade, sendo recomendado a adoção de rota tecnológica de maior eficiência energética para se ampliar a geração de bioeletricidade.

Em vista de rotas com capacidades de maior eficiência energética, Perdoná (2015) propõe quatro cenários tecnológicos com geração de bioeletricidade em diferentes volumes de energia por tonelada de cana processada, sendo constituídos por caldeira de 100 bar/540 °C, com grelha rotativa ou leito fluidizado, com ou sem ciclo regenerativo, conforme mostra a Figura 6.5.

Conforme a figura 6.5, verifica-se que a rota de maior eficiência é a composta por caldeira de 100 bar/540 °C, com Leito fluidizado, com ciclo regenerativo, que gera 118 kWh por tonelada de cana processada, evidenciando que as usinas que adotam tal rota ampliam a geração de bioeletricidade sucroenergética.

Figura 6.5 – Energia disponível por tonelada de cana processada.



Fonte: Adaptado de Perdoná (2015).

Legenda: GRSCR – Grelha rotativa, sem ciclo regenerativo; GRCCR – Grelha rotativa, com ciclo regenerativo; LFSCR – Leito fluidizado, sem ciclo regenerativo; LFCCR – Leito fluidizado, com ciclo regenerativo.

Nesse sentido, considerando a produção brasileira de cana, para a safra 2022/2023, estimada em 610.131.300 toneladas, tem-se que se todas as usinas do país tivessem adotado tal rota tecnológica a geração de bioeletricidade sucroenergética teria sido conforme mostra a Figura 6.6.

A Figura 6.6 evidencia que para a safra de 2022/2023, considerando o cenário de rota tecnológica proposto, a produção de bioeletricidade sucroenergética para o Brasil corresponderia a 71.995,49 GWh. Isso representa uma geração de quase 4 vezes maior que a gerada em 2022 (18.400 GWh), resultando em incremento de 291% na comparação entre o que foi efetivamente gerado em 2022 e o que poderia ser gerado na adoção desse

cenário de rota tecnológica, mesmo não realizando o aproveitamento pleno da biomassa presente nos canaviais.

Figura 6.6 – Estimativa de produção brasileira de bioeletricidade sucroenergética para a rota proposta por Perdoná (2015).

Regiões	Produção 2022/2023 (T)	Tecnologia Empregada (caldeira 100 Bar/540 °C)	kWh/TC	Potência GWh
Norte	3.823.000	LFCCR	118	451,11
Nordeste	56.060.700	LFCCR	118	6.615,16
Centro-Oeste	131.539.200	LFCCR	118	15.521,63
Sudeste	387.755.300	LFCCR	118	45.755,13
Sul	30.953.100	LFCCR	118	3.652,47
Total	610.131.300	LFCCR	118	71.995,49

Fonte: Elaborado pelos autores, mediante dados CONAB (2023).

Legenda: LFCCR – Leito Fluidizado, com ciclo regenerativo.

Tem-se, com isso, que o setor sucroenergético ampliaria sua contribuição para a diversificação da matriz elétrica do país e para a complementaridade ao SIN, bem como possibilitaria outros benefícios econômicos e financeiros, sociais e ambientais, de modo a atender às perspectivas do desenvolvimento sustentável.

O QUE SE ESPERA DO SETOR SUCROENERGÉTICO EM VISTA AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL?

Espera-se que o setor possa implementar soluções que visem melhoria em todo o processo, desde o campo até a dis-

tribuição do seu *mix* produtivo. O uso intensivo de tecnologia agrícola e industrial é um caminho a seguir, bem como investir em pesquisa e desenvolvimento para novas respostas aos problemas que se apresentam no cotidiano das agroindústrias sucroenergéticas.

A adoção de rota tecnológica constituída por caldeira de 100 bar/540 °C, com Leito fluidizado, com ciclo regenerativo, que gera 118 kWh por tonelada de cana processada tem demonstrado uma melhoria em termos de geração de bioeletricidade sucroenergética, torna-se oportuna a ampliação de sua implantação nas usinas, tende em vista a urgência em acelerar a transição energética para fins de cumprimento das metas do Acordo de Paris.

Para além disso, tem-se que os investimentos em bioenergia promovem efeitos positivos para as dimensões econômica, social e ambiental, sendo cada vez mais valorizados na transição energético, uma vez que tais efeitos já podem ser percebidos. Como é o caso da geração de empregos, cujo número global na área de energia renovável saiu de 7,28 milhões em 2012 para 11,46 milhões em 2019, correspondendo a um incremento de 57% (IRENA, 2020). Não somente isso, mas também, os ganhos na saúde, já que o consumo de bioenergia reduz a poluição atmosférica, evitando doenças respiratórias e outras, melhorando a qualidade e aumentando a expectativa de vida, cujos efeitos são percebidos na economia com a redução de custos e despesas hospitalares e de tratamento medicamentoso. Além disso, há o incremento em termos econômicos de créditos de carbono, sendo uma receita adicional as usinas.

Assim, as expectativas são as melhores para o setor sucroenergético e para a sociedade, sendo expressadas com redução de gases de efeito estufa, geração de emprego e renda, melhoria na qualidade de vida e saúde, aumento na arrecadação de impostos, que possibilita novos investimentos, por parte do poder executivo, em educação, infraestrutura, segurança e lazer. Tudo isso é o que se espera para o atendimento do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. M. F.; DINIZ, K. M. **Impactos ambientais da agroindústria da cana-de-açúcar: subsídios para a gestão**. 2007. 131 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/ USP. Piracicaba. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **VBP – 2022 – principais produtos agropecuários – Brasil**. Brasília: MAPA, 2023a. Disponível em: Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) – Ministério da Agricultura e Pecuária (www.gov.br). Acesso em 02 out. 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia **Elétrica. Sistema de informação de geração da ANEEL**. Brasília: MME, 2023b. Disponível em: [Geração – Agência Nacional de Energia Elétrica \(www.gov.br\)](http://www.gov.br). Acesso em 05 out. 2023.
- CEISE BR; ÚNICA; COGEN; ABRACEEL. **A bioeletricidade da cana e o mercado livre de energia elétrica no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.ceisebr.com/conteudo/cartilha-a-bioeletricidade-da-cana-e-o-mercado-livre-de-energia-eletrica-no-brasil.html>. Acesso em: 25 maio 2019.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 5 – Safra 2018/19, n. 4 – Quarto levantamento, Brasília:

CONAB, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 26 maio 2019.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 10 - Safra 2022/2023, n. 4 – Quarto levantamento. Brasília: CONAB, 2023 Disponível em: [E-book_BoletimZdeZSafrazcana_4ZlevZ2023 \(4\).pdf](#). Acesso em: 01 out. 2023.

CMMAD. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1991.

ELKINGTON, J. **Cannibais with forks: the triple Bottom Line of 21st Century Business**. Oxford: Capstone Publishing, 1997.

ELKINGTON, J. 25 Years Ago I Coined the Phrase “Triple Bottom Line.” Here’s Why It’s Time to Rethink It. **Harvard Business Review**, 2018. Disponível em: <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>. Acesso em: 20 jun. 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional relatório síntese 2023 ano base 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 04 out. 2023.

FINEP. Financiadora de Estudos e Projetos. **Brasil domina tecnologia que transforma vinhaça em biogás**. 2019. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/5935-brasil-domina-tecnologia-que-transforma-vinhaca-em-biogas>. Acesso em 15 fev. 2020.

IPCC. **Mudanças climática 2022: impactos, adaptação e resumo de vulnerabilidade para formuladores de políticas**. Genebra: IPCC, 2022. Disponível em: [AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 \(ipcc.ch\)](#). Acesso em: 05 out. 2023.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020**. Abu Dhabi: IRENA, 2020.

IRENA. **Perspectiva da transição energética mundial – caminho para 1,5 °C**. Abu Dhabi: IRENA, 2021.

MOREIRA, J. A. P; LIMA, E. R. V; SOUZA, B. C. B. N. Sistemas de indicadores de sustentabilidade empresarial para o setor sucroenergético fomentados em programas de pós-graduação. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. São Paulo, v. 17, n. 1, p. 150-171, 2022.

MOREIRA, J. A. P; LIMA, E. R. V; MENEZES JÚNIOR, R. A; SOUZA, B. C. B. N. **Bioeletricidade sucroenergética: benefícios ambientais, sociais e financeiros para a Zona da Mata paraibana**. In: SOARES, M. J. N (org.) *et al.* Abordagens múltiplas nas Ciências Ambientais. Sergipe: Criação Editora, 2020.

PERDONÁ, R. C. Aproveitamento Energético de Resíduos e Biomassa. [S.l.]: Odebrecht Agroindustrial, 2015. Disponível em: https://www.crq4.org.br/sms/files/file/aproveitamento_biomassa_perdona_odebrecht.pdf. Acesso em 13 jul. 2019.

RODRIGUES, L. F. **Indicadores de sustentabilidade para instituições de ensino do PRME CHAPTER Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade) – Instituto Superior de Administração e Economia, Curitiba, 2019. Disponível em: http://repositorio.isaebrasil.com.br/dissertacoes/17334-2/#gid=tainacan-item-document_id-17334&pid=1. Acesso em: 12 jan. 2020.

UNICA. **Histórico de iniciativas**. São Paulo: UNICA, 2022. Disponível em: <https://unica.com.br/iniciativas/historico-de-iniciativas/>. Acesso em: 25 set. 2023.

UNICA. **Fotografia do setor sucroenergético no Brasil e os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados**. São Paulo: UNICA, 2023a. Disponível em: <https://unicadata.com.br/listagem.php?idMn=158>. Acesso em: 25 set. 2023.

UNICA. **Bioeletricidade**. São Paulo: UNICA, 2023b. Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/bioeletricidade/>. Acesso em: 25 set. 2023.

CAPÍTULO 7

GERMINAÇÃO DE SEMENTES PELOTIZADAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS POR DISPERSÃO AÉREA, PARA REGENERAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS DEGRADADAS

*Renan Aversari Câmara
Bartolomeu Israel de Souza*

A Caatinga é um bioma com ocorrência exclusiva no Brasil, situando-se majoritariamente na Região Nordeste, com uma pequena presença da Região Sudeste, no norte de Minas Gerais, totalizando 734 mil km², o que equivale a cerca de 10% do território nacional (Silva *et al.*, 2004). O clima semiárido predomina, observando-se uma incidência de menos de 800mm de precipitação por ano, classificando-se como Savana Estépica (VELOSO *et al.*, 1991), contudo, em cenário internacional, venha se considerado como parte das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas – STDF (Oliveira Filho *et al.*, 2006; Pennington *et al.*, 2000; Prado, 2000).

No que tange aos processos de modificação trazidos pelo desmatamento, a Caatinga enquadra-se como um dos biomas mais degradados do Brasil, ficando atrás da Floresta Atlântica e do Cerrado (Myers *et al.*, 2000). Acredita-se que boa parte da cobertura de vegetação, cerca de 50%, tenha sofrido alguma espécie de modificação devido a ações de cunho econômico. Contudo, esse percentual que demonstra, aparentemente, uma

integridade estrutural razoável do bioma, acaba por esconder um efeito oculto, visível apenas quando se verifica o padrão de distribuição dessas áreas preservadas e se constata o seu elevado grau de fragmentação. Isso acaba por deixar os remanescentes atuais fortemente vulneráveis à pressão antropogênica (Antongiovanni, Venticinque e Fonseca, 2018).

Devido a essas alterações narradas, pelas quais vêm passando a Caatinga, a desertificação já se encontra em níveis avançados de implementação em grandes extensões, existindo, portanto, uma correlação entre o processo de degradação, a vegetação e os solos, onde a diminuição da cobertura vegetal por longos períodos vem aumentar os processos erosivos e deteriorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CCD, 1995).

Em um cenário nacional, oficialmente a área propensa a ocorrência da desertificação abrange 1.338.076km² e 1.482 municípios, onde habitam mais de 30 milhões de pessoas; no caso do Estado da Paraíba, o número é de 46.004km², abarcando 208 municípios (BRASIL, 2004). Nesse Estado, há de se destacar a região do Cariri Paraibano por apresentar altos níveis de desertificação, dada a rarefação ou ausência absoluta de cobertura vegetal (Souza *et al.*, 2011).

Ressaltamos que a Paraíba representa bem a flora da Caatinga, visto que boa parte do seu território é dominado pelo clima semiárido e seus terrenos pertencem ao complexo cristalino (Araújo *et al.*, 2005), atributos físicos tais que condicionam o surgimento da vegetação característica do bioma.

Outro atributo importante a se destacar é o histórico de desmatamento sofrido pelo bioma no Estado da Paraíba.

De acordo com dados do projeto MapBiomass (2021), a título de exemplificação, a caatinga paraibana sofreu uma perda de cerca de 2.700 hectares de área de cobertura vegetal só no ano de 2020. O total acumulado, contabilizado desde o ano de 1987 ultrapassa a marca de 1.200.000 hectares.

Em função do contexto anterior, recuperar essas áreas degradadas se constitui um grande desafio, tanto do ponto de vista do conhecimento sobre as espécies a serem reintroduzidas, quanto a diversidade de ambientes a serem recuperados, assim como as questões financeiras relacionadas a essa intervenção, como preconiza, entre outros documentos, o PAN-Brasil (2004). Dentre os desafios mencionados, conhecer as características ambientais das áreas a serem recuperadas é fundamental para que sejam aplicadas técnicas ecologicamente corretas, com o menor custo possível.

Dentre as técnicas conhecidas, a nucleação parece se adequar a recuperação de áreas degradadas em todos os biomas. Esse tipo de intervenção consiste no desenvolvimento de “ilhas” de vegetação formada por espécies dotadas condições ecológicas de promover uma melhora significativa do ambiente, facilitando, então, a ocupação da área por outras espécies (EMBRAPA, 2021).

Conforme enuncia Martins, Miranda Neto e Ribeiro (2012), essa técnica se mostra interessante, visto que as espécies eleitas para inaugurar a semeadura, irão modificar o ambiente de forma a torná-lo mais tolerável para outras mais exigentes no processo de sucessão ecológica. As espécies facilitadoras têm o papel de desencadear o processo de nucleação por mecanismos e interações tanto com fatores abióticos quanto os bióticos. A

título de exemplificação, algumas espécies de Leguminosas estabelecem uma simbiose com bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico, o que faz com que a qualidade química do solo o torne mais fértil. Entre outros benefícios, as plantas facilitadoras ainda podem promover a cobertura do solo exposto, reduzindo assim a incidência de radiação, equilibrando as oscilações de temperatura e conservando a umidade na superfície do solo, o fornecimento de frutos, abrigo e poleiros para a fauna (Martins, Miranda Neto e Ribeiro 2012).

A técnica destacada para a efetivação desses núcleos é a dispersão aérea de sementes, proporcionando uma heterogeneidade de espécies na formação desses núcleos. Além da justificativa do nível de controle e rapidez em se replicar uma distribuição semelhante às áreas que melhor representam preservação do mesmo bioma, há de se levar em conta os custos financeiros envolvidos nessa técnica em análise quando comparado com as demais, além da necessidade mínima de manejo e economia de tempo envolvidos no processo.

Nesse aspecto, adaptando o raciocínio de Magnago *et al* (2012) sobre processos sucessionais na Mata Atlântica, a dispersão aérea de sementes visa suprir deficiências relacionadas a chuva de sementes. Isso se justifica pelo fato de que chuvas de sementes por processos naturais, dificilmente ocorreriam em áreas degradadas com características de desertificação, de maneira a proceder com a formação de banco de sementes, dada a rarefação ou mesmo ausência de cobertura vegetal nesse tipo de ambiente com degradação intensa.

A dispersão aérea, na modalidade proposta, ainda conta com uma vantagem de proporcionar uma dispersão aleatória no quesito da diversidade de espécies, incorrendo em uma situação de aleatoriedade similar a encontrada nos processos de dispersão naturais. Essa característica permite a formação de um banco de sementes com grupos sucessionais distintos.

Apesar das sementes de plantas nativas da Caatinga serem dotadas de adaptações que permitam um maior sucesso de germinação e estabelecimento de espécimes viáveis (Souza, 2020), a técnica de pelotização de sementes se mostra uma opção relevante para promover uma maximização de tolerância contra os fatores climáticos adversos, no sentido de minimizar o estresse hídrico no período de germinação e estabelecimento da plântula.

Outro fenômeno natural que justifica a utilização de *pellets* é a predação de sementes, como bem explana Neves e Viana (2008) em um ensaio sobre a dispersão e predação de sementes de algumas espécies nativas da Caatinga, inclusive uma delas (*Jatropha mollissima*) eleita para figurar nesse estudo. No processo de pelotização, além da proteção mecânica, podem ser incluídas substâncias que tornem as sementes menos atraentes à predação, funcionando como repelentes. Um bom exemplo para essa função é o eugenol, encontrado no Cravo-da-Índia (*Syzygium aromaticum*). Uma terceira justificativa para o uso de tal técnica vem da mecânica adotada neste estudo para a dispersão, em outras palavras o encapsulamento de sementes tem uma função de uniformizar a massa e forma das sementes, com o intuito de aprimorar a aerodinâmica e garantir um máximo controle da dispersão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos inerentes à germinação de sementes foram conduzidos com alguns ensaios distintos de forma a atestar a qualidade do encapsulamento das sementes. Para garantir que não houvesse interferência do substrato na taxa de germinação, foram utilizadas bandejas sementeiras apenas com algodão para esta função.

Originalmente a pelotização foi testada utilizando sementes de milho (*Zea mays*) algodão desfiado, resíduo de carvão vegetal triturado e aglutinados utilizando-se uma cola obtida a parti do cozimento de goma de tapioca. Essa cola é confeccionada com uma formulação de uma parte de goma para quatro partes de água, onde se aquece a mistura até que uma consistência de gel é atingida.

Após envolver a semente com o composto supracitado, deixava-se secar por um dia, à temperatura ambiente, antes de iniciar os testes nas sementeiras. Nos testes em laboratório, com irrigação manual com um pulverizador, foram dispostas mil sementes pelotizadas e pouco mais de 25% das sementes pelotizadas germinaram. Ao se investigar a razão de uma taxa tão baixa, verificou-se que o aglutinante a base de tapioca acabava provocando uma impermeabilização na capsula, mantendo a semente seca e impossibilitando a quebra da dormência, assim como a impossibilidade de trocas gasosas. Tal fato levou ao abandono desta técnica.

Em substituição à capsula de tapioca, testou-se um novo composto a base de papel *Craft* e pó de casca de coco e aglutinados com argila bentonita e água até atingir uma textura pastosa

suficiente para manuseio e encapsulamento das sementes. O diâmetro médio dos *pellets* foi de 3 cm, com uma massa média de 3,5 g. A mesma quantidade de sementes (*Zea mays*) foi testada, mil unidades, com o mesmo método de irrigação e com o mesmo período de secagem, um dia, variando-se a cada ensaio as proporções de argila, papel e pó de coco.

A mistura mais bem-sucedida foi a que continha duas partes (em volume) de pó de coco, uma parte de argila bentonita e uma parte de papel, recebendo, ainda doses discretas, alguns gramas, de cravo da índia (*Syzygium aromaticum*) moído, com intuito de funcionar como defensivo contra predação. Neste cenário, a taxa de germinação das sementes pelotizadas foi de 67,4%, em oposição as sementes nuas, que contaram com uma taxa de germinação de 57,9.

De posse dessas informações, foi construída uma estufa automatizada para simular algumas condições ambientais encontradas em campo. O local eleito foram zonas com alto índice de degradação da fazenda Salambaia, inserida nos limites do município de Cabaceiras – PB, com características típicas do Cariri paraibano. O gerenciamento da estufa foi realizado com um microcontrolador ATmega328 disposto na plataforma Arduino Nano, um módulo de tempo real RTC, uma válvula solenoide para o controle de irrigação, microaspersores e lâmpadas *full spectrum*. A estrutura foi confeccionada a partir de tubos de PVC de 20 mm de diâmetro e recoberta com um filme plástico transparente para melhor controle de irrigação.

Uma vez construída a estufa, foi medida a vazão média dos aspersores, o que resultou numa medida de 150 ml por

minuto por aspersor. No total foram utilizados 12 aspersores, rendendo uma vazão total de 1,8 litro por minuto. Conhecendo a vazão e a área a ser irrigada, 1,35 m², foi possível dosar a quantidade de água, repetindo dia a dia, com o devido rigor horário, as condições pluviométricas encontradas nos meses de maio e junho do ano de 2017 coletadas por uma estação meteorológica instalada na fazenda Salambaia. O período de insolação também pôde ser simulado utilizando 4 lâmpadas *full spectrum*, contornando qualquer sombreamento eventual no local da estufa. O substrato utilizado no experimento foi recolhido também do local de campo. As amostras recolhidas em três condições distintas de degradação: duas moderadas, e uma alta, como se verificará na etapa dos ensaios de campo.

As condições de degradação se distinguem pela quantidade de vegetação em regeneração, sombreamento e serrapilheira. A amostra 1, com alto índice de degradação tem característica de solo exposto, sem vegetação ou serrapilheira. A amostra 2 apresenta retirada em local com indivíduos de grande porte ao redor, minimizando a incidência solar direta com concentração baixa de serrapilheira comparada à amostra 3. Na amostra 3, indivíduos de porte médio fazem o sombreamento do solo, que apresenta uma quantidade de serrapilheira nitidamente superior a amostra 2, compondo mais de 50% dessa amostra de solo recolhida.

Desta maneira as sementes de controle (nuas) e pelotizadas foram depositadas sobre o substrato, perfazendo três parcelas, cada uma com uma amostra de solo. No caso, o experimento ocorreu com as espécies selecionadas pinhão bravo (*Jatropha mollissima*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*) e

mororó (*Bauhinia cheilantha*), justificadas anteriormente, salientando-se que se trata de espécies pioneiras e nativas. Não foi efetuado nenhum processo prévio de quebra de dormência em qualquer das amostras de sementes, pelotizadas ou não e que o processo de pelotização foi o mesmo descrito para as sementes de milho.

O experimento teve uma duração exata de 2 meses, contando com amostras de 20 sementes pelotizadas e 20 sementes sem qualquer tratamento (grupo de controle) de cada espécie para cada amostra de solo.

Os ensaios de campo, constituem, sobremaneira, o monitoramento de sementes *in loco* (Fazenda Salambaia) sem interferências posteriores à dispersão. Em um momento primário foi realizado um teste com as sementes encapsuladas dispostas na superfície do solo, sem qualquer método rigoroso de plantio, de modo a simular a dispersão aérea. Foi utilizada a receita de tapioca e o experimento teve seu início fora do período chuvoso, visto que esse ensaio ocorreu em meados de novembro de 2021. Tal ensaio ocorreu em concomitância com os ensaios de laboratório para a receita de tapioca. Foi eleita, para tanto, uma área representativa com três diferentes condições de preservação designadas para a observação. Estas zonas atendem as condições de moderada e alta degradação para efeitos de comparação e são os mesmos locais de onde foram recolhidas as amostras de solo para os ensaios em laboratório.

As zonas foram dimensionadas em 9 m² (3 m x 3 m) e cada semente depositada foi sinalizada com uma bandeirola indicando sua posição e espécie, num padrão geométrico simples de

modo a simplificar o monitoramento. A amostra constituiu-se de 10 sementes pelotizadas de cada espécie (*Jatropha mollissima*, *Cenostigma pyramidale* e *Bauhinia cheilantha*), acompanhadas de 10 sementes nuas, para efeito de controle, totalizando 60 sementes em cada zona.

A partir dos resultados tanto de campo, quanto de laboratório envolvendo o encapsulamento a base de tapioca, verificou-se, como dito, a necessidade de modificação do método de encapsulamento. Dados os resultados mais significativos em laboratório com o *pellet* de argila, papel e coco, um novo experimento em campo foi planejado e realizado.

O experimento, nesta instância, consistiu em duas áreas, uma cercada, para controle e outra aberta, sem qualquer restrição de uso. Ambas as áreas apresentam um índice de degradação semelhante. Na área de controle, como dito, o acesso e uso do solo foi restringido por uma cerca de trama fina (geralmente utilizada na construção de galinheiros), para impedir a entrada, inclusive, de animais de pequeno porte. As sementes foram depositadas na superfície, replicando o estudo anterior. Sessenta sementes foram utilizadas neste experimento, sendo 20 de cada espécie (*Jatropha mollissima*, *Cenostigma pyramidale* e *Bauhinia cheilantha*), onde para cada espécie, 10 sementes foram encapsuladas e 10 não apresentando qualquer tratamento, servindo, então, como amostra de controle.

O experimento teve início em maio de 2022, coincidindo com o início do período de maior precipitação pluviométrica para a região do Cariri paraibano. Como nos demais experimentos realizados, não houve qualquer procedimento proposital desti-

nado a quebra da dormência das sementes antes da deposição em campo.

Na segunda área, a dispersão das sementes foi realizada utilizando-se um foguete especialmente desenvolvido para dispersão. Tal dispositivo é dotado de alguns predicados pensados para minimizar os impactos sobre as áreas que se pretende restaurar, tais como: serem reutilizáveis, de baixo custo, não poluentes e de fácil operação. Nesta etapa não foram dispersas sementes sem encapsulamento, a amostra consistiu em 90 sementes, sendo 30 de cada espécie (*Jatropha mollissima*, *Cenostigma pyramidale* e *Bauhinia cheilantha*).

O método de monitoramento foi feito a partir da observação visual e respectivas contagem das plântulas. A zona de lançamento e dispersão já contava com um cercado de madeira, medindo aproximadamente 30 metros de largura por 90 de comprimento, o que ajudou a delimitar a área, porém, sem restringir a circulação de animais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de germinação obtidos pelo experimento final descrito na seção 9.1 (germinação em estufa com índice pluviométrico simulado), estão dispostos na Tabela 7.1. A título de curiosidade, bem como de forma a atestar a qualidade das sementes foi repetido o experimento nos mesmos moldes, com modificação, no entanto, do índice de pluviosidade.

Tabela 7.1 – taxa de germinação em estufa com simulação pluviométrica.

Espécie	Solo 1	Solo 2	Solo 3
<i>Jatropha mollissima</i>	60%	10%	0%
<i>Cenostigma pyramidale</i>	20%	0%	0%
<i>Bauhinia cheilantha</i>	10%	0%	0%

Fonte: Autores

Neste caso, foi simulada uma chuva diária de 9 mm em três intervalos de 3 mm, um matinal, um vespertino e um noturno, a cada 8h respectivamente. Os resultados obtidos neste experimento de controle estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – taxa de germinação em estufa com controle pluviométrico.

Espécie	Solo 1	Solo 2	Solo 3
<i>Jatropha mollissima</i>	70%	50%	60%
<i>Cenostigma pyramidale</i>	40%	20%	40%
<i>Bauhinia cheilantha</i>	20%	20%	20%

Fonte: Autores

Tais resultados sugerem que um procedimento de quebra de dormência das sementes antes do plantio por dispersão pode aumentar a taxa de germinação. Os experimentos apontam para quebra de dormência a partir da elevação da taxa de umidade, mantida por um período crítico mínimo, e condições mais

amenas de temperatura. Desta forma, fica o destaque para um futuro experimento com irrigação simulada e controlada, bem como dispersão em campo, envolvendo uma quebra prévia de dormência, inclusive com variações de métodos e técnicas a fim de proceder com a quebra.

Para as etapas de campo não se usou essa estratégia para alavancar a taxa de germinação pela falta de compatibilidade entre as visitas ao local e a previsão pluviométrica na região, temendo um alto índice de mortalidade precoce devido a ausência de chuva nos dias subsequentes à dispersão, o que não seria um resultado representativo.

No que diz respeito ao experimento envolvendo a pelotização com tapioca, iniciado em 2021, os resultados nas três zonas foram nulos, apesar da ocorrência de chuvas esparsas no período de novembro de 2021 a maio de 2022. Contudo, de maio a junho de 2022, após uma concentração mais intensa de chuvas na região do experimento, apenas na zona com maior índice de degradação, se verificou alguma germinação. Nesta zona 20% das sementes pelotizadas de *Jatropha mollissima* germinaram, não sendo observada nenhuma outra germinação das sementes de controle, bem como das demais espécies até setembro de 2022. Tal resultado chama a atenção para um fator inesperado quando da elaboração do experimento: a qualidade de preservação da semente pelo *pellet*, mesmo estando exposto às condições ambientais por um longo período. Tal fato torna-se pertinente, pois, as sementes de controle da mesma espécie, sem encapsulamento, pereceram em pouco mais de um mês de exposição.

Em relação ao segundo experimento de campo, com início em maio de 2022, com a pelletização de papel, argila e coco, o monitoramento se deu de forma mensal entre junho e setembro de 2022. No que diz respeito à germinação das sementes, no experimento de controle foi contabilizada a germinação de 20% exclusivamente das sementes pelletizadas de *Jatropha mollissima*, sem qualquer modificação no estado das demais, inclusive nas sementes nuas de controle. O resultado se repetiu para a zona onde houve dispersão com foguete, taxa de 20% apenas para a espécie *Jatropha mollissima*.

Um novo ensaio com uma nova formulação, já com a etapa de laboratório finalizada, apontou para resultados preliminares expressivos. Neste ensaio, utilizou-se sementes de *Jatropha mollissima* e *Bauhinia cheilantha*, com quebra da dormência prévia. Para as sementes de *Jatropha mollissima* a quebra de dormência foi realizada pela imersão em água por 24h. Já as sementes de *Bauhinia cheilantha*, a quebra da dormência foi efetivada com o desponte da semente, no lado oposto ao embrião e imersão em água por 1h. A formulação da pelletização conta com um núcleo de vermiculita e uma casca de bentonita e bagaço de cana triturado. O diâmetro médio das esferas ficou um pouco maior que nas formulações anteriores, 4 cm, com uma massa média de 3 g. Os pellets foram dispostos em uma bandeja e a rega foi manual, com auxílio de uma pipeta graduada, dosada em 2 ml duas vezes ao dia por *pellet*. Nessa etapa do experimento, como disto, os resultados foram expressivos, repetindo-se 5 vezes os ensaios, obteve-se uma média de 98% na taxa de germinação em ambas as espécies.

De posse desses dados é possível, então, a verificação da adequação desse método frente aos métodos e técnicas presentes na literatura científica de interesse.

Um estudo bibliométrico elaborado por Gomes e Silva (2023) demonstra a escassez de informações sistemáticas sobre recuperação de fauna e flora da Caatinga. Neste trabalho, foi feito um levantamento das principais publicações no banco de dados *Scopus* relacionadas à recuperação de áreas degradadas na Caatinga, entre 2002 a 2022. Como resultado, um total de 84 trabalhos publicados foi encontrado, embora entre 2013 a 2022 esse número tenha sido de apenas 23 artigos sobre essa temática (Gomes & Silva, 2023).

Neste âmbito, a busca por referências com metodologias análogas ou semelhantes às apresentadas neste trabalho, dispersão aérea ou semeadura direta, no bioma da caatinga retorna nula. Em assim sendo, estendeu-se a pesquisa sem restrições quanto ao bioma.

Ab initio, um trabalho de regeneração florestal realizado na década de 80, tido como referência, tanto pelo seu ineditismo no Brasil, quanto pelo sucesso, é trazido à discussão. Trata-se de um extenso trabalho de semeadura aérea com sementes pelotizadas com hidrogel de espécies pioneiras realizado na Serra do Mar (Mata Atlântica) em Cubatão – SP, apresentado por Pompéia *et al.* (1989), com intuito de recuperação da cobertura vegetal outrora degradada, tendo como uma das causas principais a emissão de poluentes atmosféricos pelo polo industrial de Cubatão – SP.

Em um estudo de acompanhamento sobre este trabalho realizado em Cubatão – SP, Pompéia *et al.* (1992), monitorando os manacás-da-serra (*Tibouchina pulchra* e *Tibouchina mutabilis*) constatou que o incremento artificial do aporte de sementes nas áreas degradadas, por semeadura aérea, resultou num aumento significativo na regeneração das espécies quando comparadas à regeneração natural.

Um dos resultados que se destaca nesse estudo é que após 180 dias de plantio, observou-se uma taxa de sobrevivência em campo, para as plântulas semeadas, da ordem de 0,1% em relação à quantidade de sementes lançadas. Já no intervalo de 6 meses a 2 anos do plantio, a taxa de mortalidade, dentre àquelas sobreviventes foi de 20%.

Em um estudo bibliográfico mais recente, Kiama *et al.* (2023) fizeram um levantamento de casos de sucesso pelo mundo onde fora utilizada a técnica de semeadura aérea e constata que poucos estudos com a temática foram realizados nas regiões tropicais. Apesar de ser uma técnica com potencial, bem difundida e bastante utilizada nos países industrializados, no que diz respeito a projetos de reflorestamento de grandes áreas, e, principalmente, utilizada em locais onde o acesso é problemático, nas regiões tropicais existe um baixo interesse pelo método. Segundo os mesmos autores, os fatores que afastam o interesse pela técnica de dispersão aérea nas regiões tropicais são, justamente, as relativas baixas taxas de germinação (média de 38% dentre os trabalhos revisados) e estabelecimento (média de 17% dentre os trabalhos revisados) (Kiama *et al.*, 2023).

Os resultados obtidos, apesar de uma aparente baixa taxa de germinação, demonstram alinhamento com trabalhos realizados anteriormente em diversas condições e biomas. O último experimento descrito, ainda em andamento, mostra que em condições ideais é possível elevar a taxa de germinação à patamares ótimos, ou seja, os máximos alcançáveis dadas as condições ambientais.

Para que uma iniciativa de regeneração da cobertura vegetal venha a vislumbrar o sucesso, visto que as intervenções são mínimas, estratégias de plantio devem ser planejadas: observando-se o comportamento climático local para escolha do período mais propício ao plantio; conhecendo-se as características das espécies eleitas, bem como seu desempenho no que diz respeito à germinação e estabelecimento, para o computo da quantidade de sementes a serem dispersas.

Ainda assim, como visto, as taxas de germinação e sobrevivência ficam aquém dos métodos mais tradicionais como o plantio manual de mudas ou plantio mecanizado. Esse fator não inviabiliza a aplicação da semeadura aérea, assim como o método aqui discutido não tem a pretensão de substituir os demais, mas sim, vir a ser uma alternativa dentre as possibilidades de aplicação em projetos de restauração florestal na Caatinga.

CONCLUSÃO

Ante a exposição, quatro situações de interesse são destacadas. A primeira é que o sistema de pelletização, mesmo que incipiente, se mostrou promissor, isto, pois, comparando a taxa de

germinação das sementes pelotizadas com a taxa de germinação das sementes *in natura*, mostra uma vantagem interessante e relevante. Tal fato leva ao estímulo de uma procura pela melhoria do método, buscando-se majorar a taxa de germinação.

A segunda perspectiva de interesse reside na escolha das espécies. É nítida a diferença de resposta entre o pinhão bravo (*Jatropha mollissima*) e as demais espécies eleitas para os experimentos. Em virtude do baixo volume de pesquisas com essa perspectiva no que diz respeito às espécies da Caatinga, se vislumbra a manutenção dos experimentos com germinação com várias outras espécies tidas como pioneiras, sobretudo as Leguminosas, pelo seu papel de condicionamento de solo.

A terceira observação é feita sobre a relação ecológica dos resíduos deixados pelas sementes não germinadas, que por não serem estranhas ao bioma, acabam tornando-se eventuais recursos para o ecossistema. O mesmo pode ser dito dos componentes utilizados na pelotização, rapidamente são absorvidos pelo solo, sem caráter poluente, convertendo-se em materiais disponíveis ao reuso nos processos ecológicos.

A quarta situação diz respeito ao fator econômico, pois, ainda que se trate de uma pesquisa pioneira na Caatinga, em fase embrionária, nesse estado de arte já se mostra viável uma aplicação em larga escala para uma primeira abordagem no processo de sucessão ecológica em função dos custos envolvidos na operação. Como visto, apesar de uma taxa de germinação relativamente tímida, a dispersão aérea é uma prática adotada para projetos de reflorestamento em algumas condições específicas. No caso do presente estudo, os custos de operação

ainda são minimizados, pois, em concomitância com os estudos relativos à germinação, foi também desenvolvido um veículo de dispersão aérea de baixo custo (tanto de fabricação, quanto de operação), o que pode impactar no caráter decisório sobre as metodologias relativas ao plantio.

REFERÊNCIAS

- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, v. 33, n. 8, p. 1353-1367, 2018.
- ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; MARTINS, F. R. **Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga**. In: ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. (orgs.). Análise das variações da biodiversidade do Bioma Caatinga. Suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília (DF): Ministério do meio Ambiente, p. 15-33, 2005.
- BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca/PAN-Brasil**. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 214p. 2004.
- CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa (PT): Instituto de Promoção Ambiental, 1995. 55p.
- EMBRAPA. **Nucleação**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. S.d. disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/nucleacao>
Acesso em: janeiro de 2021
- MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; VENZKE, T. S.; IVANAUSKAS, N. M. **Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para restauração florestal**. In: MARTINS, S. V. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas degradados. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, v. 1, 293p., 2012.

MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; RIBEIRO, T.M. **Uma abordagem sobre a diversidade de técnicas de restauração ecológica.**

In: MARTINS, S. V. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas degradados. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, v. 1. 293p., 2012.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature, n 403, p.853-859, 2000.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; JARENKOV, J. A.; RODAL, M. J. N. **Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution pattern.** In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. Neotropical savannas and seasonally dry forests. Boca Raton (EUA): CRC Press, p. 159-190, 2006.

NEVES, E.L.; VIANA, B.F. Dispersão e predação de sementes de três espécies de jatropha l. (euphorbiaceae) da caatinga, semi-árido do brasil. **Candombá – Revista Virtual**, v. 4, n. 2, p. 146-157, jul-dez, 2008

PAN Brasil. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** Brasília: MMA, 2004.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. A.; PENDRY, C. Neotropical seasonally dry forests and Pleistocene vegetation changes. **Journal of Biogeography**., v. 27, p. 261-273, 2000.

PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. Edinburgo (UK): **Journal of Botany**., v. 57, p. 437-461, 2000.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (org). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** Brasília (DF): MMA/UFPE/Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semi-árido, 2004. 382p.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. Rio Claro (SP): **Geografia**, v. 36, n. 1, p. 193-205, jan./abr. 2011.

SOUZA, Danilo Diego de. **Adaptações de plantas da Caatinga**. São Paulo: Oficina de textos. 2020.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro (RJ): IBGE, 1991. 124p.

CAPÍTULO 8

PENSANDO A COMPLEXIDADE A PARTIR DA RESILIÊNCIA SOCIOECOLÓGICA E SUAS DIMENSÕES

*Viviane dos Santos Sousa
Bartolomeu Israel de Souza
Tânia Maria de Andrade*

REFLEXÕES INICIAIS

Com os desafios presentes no Antropoceno, marca expressiva que a humanidade deixa no planeta, é cada vez mais urgente se pensar novas formas de fazer ciência e políticas que avancem no campo da sustentabilidade. Torna-se necessário entender a complexidade do sistema Terra, compreender os seus processos intrínsecos e sua capacidade de regeneração concebidos como complexidade.

Pensadores como Morin e Capra já defendiam o paradigma da complexidade, para o enfrentamento da problemática socioambiental, repensando a relação ser humano e natureza. Trata-se de uma mudança significativa no pensamento e na construção de novas práticas para consolidar uma nova racionalidade, na perspectiva de uma sociedade sustentável.

É sob essa concepção que surgem os estudos da Resiliência Socioecológica (RSE), um campo epistêmico que une o pensa-

mento sistêmico com a complexidade, tornando -se o fenômeno central da sustentabilidade. O conceito de resiliência circula em diversas áreas do conhecimento, desde das exatas às humanas. Este artigo pretende evidenciar a resiliência socioecológica a partir dos seus eixos ou dimensões estruturantes, apresentados no transcorrer deste trabalho.

UM OLHAR SOBRE A RESILIÊNCIA EM SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS

A resiliência se apresenta por várias definições a depender da área do conhecimento. No campo ambiental tem sua discussão surgida na ecologia no final dos anos de 1960, com Holling, (1961); Morris, (1963); Lewontin, (1969); Rosenzweig, (1971); Folke, (2006) que contribuíram nas discussões de que a natureza é dinâmica, contrariando a concepção de natureza estática, até então predominante (Madaloso, 2014, p. 23; Béné *et al.*, 2012).

No campo da ecologia, o conceito foi evoluindo com diversos estudos a partir do entendimento de que “a resiliência determina a persistência dos relacionamentos dentro de um sistema” (Holling, 1973, p. 17).

A resiliência também pode ser definida como uma capacidade que o sistema tem de sobreviver e persistir em um ambiente variável. Destaca-se, que a fragilidade do sistema, é o oposto da resiliência (Meadwons, 2022).

Na linha de pensamento de Adger *et al.* (2007), Folke (2006) e Cutter *et al.* (2011), a resiliência é a capacidade de um sistema em sofrer intempéries e se reorganizar em seu funcio-

namento pleno. E para Cumming (2005, p. 976) “resiliência é a capacidade que o sistema demonstra manter a sua identidade em quadro de perturbações, mudanças e choques internos e externos”.

Porém, o conceito de resiliência não fica restrito apenas ao campo acadêmico, tem sido uma discussão, presente também no campo institucional.

O *Resilience Alliance* (2023), grupo formado por pesquisadores e colaboradores de diversas áreas, tem como definição, que a resiliência é essencialmente uma propriedade do sistema, o que é reforçado por e Gunderson et al (2010). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) define a resiliência como a quantidade de mudança que um sistema pode sofrer sem mudar de estado.

Neste sentido, a resiliência é uma propriedade que se manifesta através de ciclos evolutivos. E que pode ser percebida no indivíduo, na família, em contextos locais, sociedades, ecossistema, ao nível planetário e até mesmo no universo (Andrade, 2011).

É nessa trajetória evolutiva, que a resiliência adentrou nos sistemas socioecológicos. Andrade (2011) avançou no constructo da resiliência, trazendo a concepção da Resiliência Socioecológica. A evolução para a compreensão da resiliência em contextos socioecológicos, vem da percepção de que durante muitas décadas a interação entre os sistemas naturais e sociais, se limitava a uma visão reducionista.

Atualmente, no campo das ciências da sustentabilidade, tem se observado estudos com uma visão holística das inte-

rações e com uma interpretação completa sobre os sistemas (Adger,2000,2007; Berkes, Colding, Folke; 2003).

Andrade (2011, p. 24) define que os sistemas socioecológicos “ possuem na representação de suas relações a forma própria de se estabelecer e configurar-se enquanto natureza de sociedade e de ecossistemas”. A autora ainda destaca que estas naturezas estão interligadas sistemicamente, suscitando uma leitura de conjunto enquanto unidade e “das partes enquanto multiplicidade da sua diversidade e adversidades inerentes ao mesmo sistema” (Andrade, 2011, p. 24).

Na visão de Souza *et al.* (2021, p. 10) “é comum que sistemas que vivem em circunstâncias difíceis entrem em “estado de negação”. As intervenções são a chave para romper esse estado”. Neste sentido, a resiliência pode significar transformação e adaptação”.

A resiliência requer profundidade nas suas abordagens, principalmente para compreender os sistemas socioecológicos visto que estes apresentam elevada conectividade e integridade (Freire 2009, p. 33).

Considera-se que a Resiliência Socioecológica é um conceito mais dinâmico do que sustentabilidade, pois seu foco está na mudança, nas adaptações, e não em definir algum nível máximo de perturbação que não pode ser ultrapassado (Buschbacher, 2014, p. 19).

A resiliência nos permite analisar os sistemas socioecológicos enfatizando na demanda de compreender e gerenciar as mudanças inesperadas. Por estar situada na emergente ciência da sustentabilidade, sua metodologia se direciona por problemas

e se integra a partir de uma diversidade de métodos e disciplinas na perspectiva de atender os desafios complexos da sustentabilidade (Biggs, Schlüter; Schoon, 2015, p. 8).

Conforme reforça Andrade (2011, p.23), o fenômeno da resiliência em sistemas socioecológicos, atua num campo teórico que vem contribuindo com a compreensão da complexidade (Morin, 2005; Moran, 2008) dos sistemas adaptativos complexos (Holling, 2002) e, sobretudo, com a compreensão sobre a diversidade inerente ao campo das relações que se estabelecem no contexto humano (Adger, 2000, 2007).

AS DIMENSÕES DA RESILIÊNCIA SOCIOECOLÓGICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE

Sabe-se que a RSE é uma temática que perpassa pela complexidade, sendo considerada como uma variável central da sustentabilidade, justamente porque indica as condições dos serviços ecossistêmicos e das vulnerabilidades socioecológicas existentes.

Ressalta-se que nesta discussão, a sustentabilidade é fenomenológica. Nesta discussão, concebemos a sustentabilidade a partir de uma abordagem holística, baseada no conceito de Boff (2012). Este conceito concebe a sustentabilidade como um fenômeno destinado à manutenção das condições energéticas, informacionais em níveis físicos, químicos e biológicos que sustentam o fenômeno vida, conservando a capacidade regenerativa, reprodutiva e coevolutiva na correlação sociedade-natureza.

Neste sentido, pensar a sustentabilidade a partir da resiliência pode trazer uma contribuição significativa para subsidiar ações de regeneração dos sistemas socioecológicos estudados. Ressalta-se, que é na Resiliência Socioecológica que a sustentabilidade se ancora.

Na visão de Andrade (2011) a sustentabilidade dos recursos naturais encontra na resiliência um fator essencial para a sua manutenção, por se tratar:

De uma força intrínseca ao processo de interação sociedade e natureza, desta forma contribui como uma poderosa estrutura para análise da sustentabilidade no contexto de irreversibilidade, surpresas e mudanças não marginais (Andrade, 2011, p. 77).

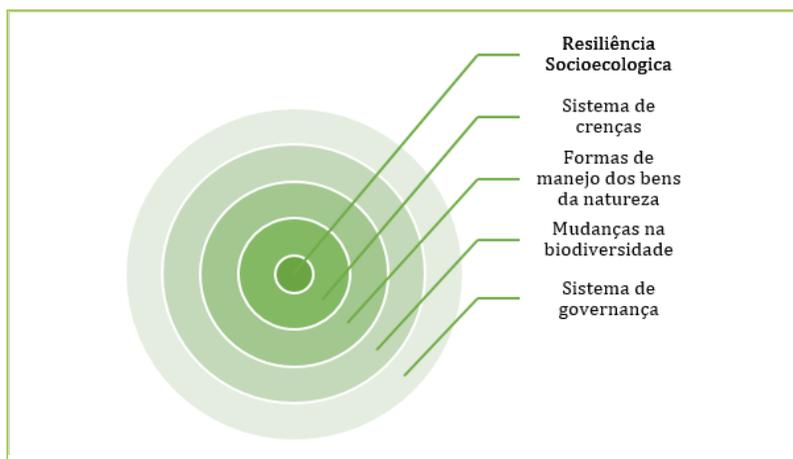
Existem diversas abordagens nos estudos da RSE, no entanto, esta discussão traz as dimensões da resiliência no contexto dos sistemas socioecológicos abordados por Andrade (2011). O critério de escolha desta abordagem se deu pela compreensão que as dimensões contidas no estudo de Andrade favorecem a identificação dos principais atributos responsáveis pelo fortalecimento da RSE em contextos locais.

Estas dimensões da RSE são os pilares que sustentam categorias, atributos e critério de análises que são determinadas conforme o contexto em análise. É através destas variáveis, que se define o núcleo de interseção (ponto de interconexão das

variáveis), e conseqüentemente a sinalização da capacidade da RSE do lugar.¹³

A “resiliência é uma força intrínseca que emerge de dentro para fora impulsionando as áreas periféricas do campo das relações e por estas também sendo alterada” (Andrade, 2011, p. 76). Desta forma, na Figura 8.1, a seguir, estão as dimensões consideradas pela autora:

Figura 8.1 – Resiliência em sistemas socioecológicos como elemento central e suas dimensões.



Fonte: Andrade (2011)

Na visão de Andrade, a partir da combinação dos atributos de adaptabilidade e de conservação e da dinâmica de correlações entre as dimensões *Sistema de Crenças*, *Mudanças na Biodiversidade*, *Formas de Manejo dos Bens da Natureza* e o *Sistema de Governança*, é que se manterá a identidade do lugar.

13 Expressão de mundo vivido, de existência e coexistência das relações exercidas no lugar (Santos,1997).

Isso reflete que, quanto mais expressiva for a combinação entre a adaptabilidade e a conservação em relação às dimensões, maior será a capacidade da resiliência do lugar.

É nestas dimensões que se encontra a complexidade, pois suscita um olhar da interdisciplinaridade para identificar as relações existentes e como essa correlação se estabelece fortalecendo os sistemas socioecológicos. Por isso, as dimensões, formam eixos estruturais, que irão contribuir para a análise da resiliência em contextos locais.

A dimensão *Sistema de Crenças*, é considerada a dimensão central da Resiliência Socioecológica, pois significa adentrar no universo antropológico, relacionando o ser humano, como o responsável pelos valores estabelecidos no lugar e suas relações de pertencimento. Segundo Andrade (2014, p. 3) essa dimensão “compreende os conhecimentos, memórias, sua relação individual e coletiva com o espaço, os saberes e valores do povo com seu território”.

O *Sistema de Crenças* reúne valores compartilhados por uma determinada cultura, a partir de um modo específico de perceber o mundo, o qual reflete diretamente no estado de consciência e na compreensão daquilo que formulamos como realidade (Azevedo *et al.*, 2017 p. 238).

Esta dimensão está composta de atributos “que em seus processos de interação dão significados e sentidos à existência dos sistemas socioecológicos” (Andrade *et al.*, 2011, p. 95). No campo da etnoecologia, Toledo (2009, 2005) define o Sistema de Crenças como um estudo complexo e holístico, composto pelo

conjunto de conhecimentos (corpus) e de práticas produtivas (práxis).

Na dimensão *Sistema de Crenças*, é possível identificar atributos, como: memória social e cultural, festividades, rituais, diversidade cultural, valorização dos saberes locais e tradicionais, respeito a ancestralidade, entre outros, a depender do contexto. Considera-se que se tratando no contexto local, esta dimensão exerce influência direta sobre a dimensão *Formas de Manejo dos Bens da Natureza*.

Em relação a dimensão *Formas de Manejo dos Bens da Natureza*, busca-se compreender os serviços dos ecossistemas e as formas de manejo utilizadas pela base produtiva e de autossustento do contexto local. Sendo assim, para que se tenham sistemas de bases produtivas primárias “eficientes, eficazes e efetivas é importante que a forma de manejo seja adequada ao contexto local e, por conseguinte ao que se deseja” (Andrade, et al., 2014, p. 3).

Nesta perspectiva, a dimensão transcorre por atributos como: permanência do saber local, manejo tradicional, participação coletiva, resistência, uso dos recursos hídricos, flexibilidade, adaptabilidade, tecnologias inovadoras adotadas, potencialidades locais, entre outros.

Nesta dimensão, é possível perceber as fragilidades motivadas pelos diferentes usos e manejos na natureza, que causam transformações significativas na paisagem natural modificando também o modo de vida das populações em seu contexto. A forma como se encontra esta dimensão, reflete diretamente nas mudanças da biodiversidade dos sistemas socioecológicos.

Por sua vez, a dimensão *Mudanças na Biodiversidade*, nos permite entender de forma direta e prática como as relações se estabelecem entre as demais dimensões. Segundo Andrade (2011, p. 104), essa dimensão é um “processo organizacional da natureza que ocorre em níveis macroestruturais e funcionais, expressando-se em escalas temporais e espaciais de grandes ciclos”.

Quando esse processo organizacional ocorre em pequenos ciclos, as mudanças se manifestam pelas ações antrópicas, que se configuram como intervenções positivas ou negativas em pequena escala. Considera-se intervenções positivas as que promovem bem-estar e qualidade em níveis humanos e ecológicos. E considera como negativa, quando provocam mudanças muitas vezes irreversíveis na biodiversidade (Andrade, 2011, p.104). Alguns dos atributos elencados nesta dimensão, são: alterações na flora e na fauna, cobertura vegetal, desmatamento, espécies nativas e exóticas, diversidade biológica, entre outros, que contemplem o contexto analisado. Sabe-se que muitos dos atributos citados nesta dimensão, possuem uma íntima relação com a funcionalidade do *Sistema de Governança*.

Entende-se que o *Sistema de Governança* na perspectiva local, busca identificar como uma localidade é gerenciada, como se dão as políticas públicas, os processos de gestão, de que forma as localidades se organizam, se acontece participação e negociações coletivas, como se dá a flexibilidade e adaptação para as tomadas de decisões nos contextos que estão inseridos (Adger, 2000, 2007).

Sob o olhar de Magalhães (2022, p. 78), o *Sistema de Governança* atua no “campo instrucional e os elementos que a

compõem permeiam entre a governança local, organizações comunitárias e ações políticas”. É uma dimensão que está relacionada ao conjunto de normas e regras que instituem as relações de poderes e favorecem o empoderamento da participação (Andrade, 2011, p. 107).

Buscando identificar as condições de governança, esta dimensão se configura a partir dos atributos como: formas de organização, políticas públicas, participação, diálogos, processos de tomada de decisão, flexibilidade, entre outros.

O resultado da interdependência destas dimensões, gerado pelo núcleo de interseção, trará resultados que poderão sinalizar a capacidade de resiliência do sistema. A partir de uma leitura sistêmica com dados que podem direcionar novas dinâmicas e olhares no contexto analisado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando por base a Resiliência Socioecológica e suas complexas dimensões, compreendemos que se trata de um fenômeno que deve ser investigado de baixo para cima, de dentro para fora, de maneira contextualizada e consultiva, desde sua análise, até as tomadas de decisões em contextos locais.

Sendo assim, entendemos que a Resiliência Socioecológica, a partir das suas dimensões, contribui no campo epistêmico da complexidade, com uma abordagem necessariamente sistêmica e que proporciona uma visão horizontalizada das relações interdimensionais, provocando necessariamente um diálogo de saberes entre as mais diversas áreas do conhecimento.

Necessariamente passa pela análise simultânea de suas dimensões que são eixos estruturantes. Analisar estes eixos, significa organizar um conjunto de atributos relacionados aos saberes locais, tradicionalidade do lugar, aos valores e as relações de pertencimento, entre outros que compõem a dimensão *Sistema de Crenças*.

Ressaltamos que este conjunto de atributos está intimamente relacionado com as demais dimensões da RSE. Os atributos considerados em cada dimensão se relacionam entre si, afetam e são afetados de maneira sinérgica.

Pensar nos atributos da dimensão *Formas de Manejo dos Bens da Natureza*, por exemplo, significa também visualizar como estes atributos se correlacionam com os demais atributos inerentes ao *Sistema de Crenças*, *Mudanças na Biodiversidade* e *Sistema de Governança*.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. Neil. **Ecological and social resilience**. In: ATKINSON, Giles; DIETZ Simon; NEUMAYER, Eric. (Ed.). Handbook of sustainable development. Massachusetts, USA: Edward Elgar Publishing. p. 78-90. 2007

ADGER, W. Neil. **Social and ecological resilience: are they related?** Adger Progress. In: *Human Geography* 24(3):347–364. School of Environmental Sciences and CSERGE, University of East Anglia, Norwich; NR4 7TJ, UK. 2000.

ANDRADE, T.M; CÂNDIDO, G.A; SOUSA, R.F. Resiliência Socioecológica Enquanto Tema da Complexidade e suas Contribuições para Geração de Políticas e Ações Coletivas. **Revista Principia**. João Pessoa, dez. 2011

ANDRADE, T. M.; RAMOS, R. N.; SILVA, M. U. **Estudo da Resiliência Socioecológica em Unidades de Conservação**: o caso da Floresta Restinga de Cabedelo-PB. V Congresso Gestão Ambiental. BH-MG. 2014.

ANDRADE, T. M. **Modelo de resiliência socioecológica e suas contribuições para a geração do desenvolvimento local sustentável: validação no contexto comunitário de marisqueiras em Pitimbu-PB**. Campina Grande: UFCG, 2011, 275p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

AZEVEDO, G. X.; LEMOS, CT. Sistema de crenças. **Protestantismo em Revista** | São Leopoldo | v. 43, n. 2 | p. 237-255 | jul. /dez. 2017.

BENÉ, C.; WOOD, R. G.; NEWSHAM, A.; DAVIES, M. **Resilience: New Utopia or New Tyranny?** Reflection about the Potentials and Limits of the Concept of Resilience in Relation to Vulnerability Reduction Programmes. IDS Working Paper.Vol.2012. n. 405, Set. 2012.

BERKES, F.; COLDING, J.; FOLKE, C. **Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change**. Cambridge University Press, Cambridge. 2003.

BIGGS, R; VOS, A; PREISER, R; CLEMENTS, H; MACIEJEWSKI, K; SCHLÜTER, M. **The Routledge Handbook of Research Methods for Socioecological Systems**. Nova York: Routledge, 2021.

BOFF, L. **Sustentabilidade – o que é – o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BUSCHBACHER, R. **A Teoria da Resiliência e os Sistemas Socioecológicos**: como se preparar para um futuro imprevisível? Boletim Regional, Urbano e Ambiental / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 11. 2014.

FOLKE, C. **Resilience**: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*. n. 16, p. 253-267, 2006.

FREIRE, R. M. **Sustentabilidade de sistemas socioecológicos sob a lente da resiliência**: o caso de uma associação agroecológica na

Amazônia ocidental. Tese (Doutorado). Programa de pós-graduação ambiente e sociedade. Campinas: Unicamp, 2009.

GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S. (Orgs.). **Panarchy**: Understanding transformation in human and natural system. Washington: Island Press, 2002.

HOLLING, C. S. **Resiliência e Estabilidade de Sistemas Ecológicos**. Revisão Anual de Ecologia e Sistemas temática n. 4, p. 1–23, 1973.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. **Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [H.-O. Pörtner, DC Roberts, M. Tignor,

ES Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, 2001. Disponível: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf Acesso: 15 set, 2023.

LEWONTIN, R. C. **The meaning of stability**. Brookhaven Symp Biol, 1969.

MADALOSSO, S. **A resiliência de sistemas socioecológicos baseada nos meios de vida dos pescadores da Ponta da Juatinga e no processo de recategorização da Reserva Ecológica da Juatinga, Paraty, Rio de Janeiro**. (Dissertação) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.

MAGALHÃES, I. L. **Resiliência socioecológica no contexto urbano: análise de favelas da região Oeste de Belo Horizonte** (Dissertação), Universidade Federal de Ouro Preto, 2022.

MEADOWS, D. H. **Pensando em Sistemas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2022.

MORIN, E. **O Método 1: a natureza da natureza**. Tradução de Llana Heineberg. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2005.

RESILIENCE ALLIANCE. **Assessing resilience in social-ecological systems**: Workbook for practitioners. Version 2.0. 2010. Disponível

em: <https://www.resalliance.org/resilience-assessment>. Acesso em: 15 set de 2023.

SCHOON, M. L.; LEEUW S. V. D. *A mudança para perspectivas de sistemas socioecológicos: insights sobre a relação homem-natureza*. **Natures Sciences Sociétés**, v. 23, n. 2, p. 166-174, 2015. doi:10.1051/nss/2015034

SANTOS, M. A **Natureza do Espaço**. Técnica e Tempo. Razão e Emoção. 2ª Edição. São Paulo: Hucitec, 1997.

SOUZA, C. M.; MELLO, B. J.; GOMES, B. J. **Desenvolvimento sustentável e resiliência socioecológica**: agenda para uma transição sustentável dos territórios. *Redes* (St. Cruz Sul, Online), v.26. 2021. ISSN 1982-6745

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **A etnoecologia**: uma ciência pós-normal que estuda as sabedorias tradicionais. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, n. 20, p. 31-45, jul. /dez. Editora UFPR, 2009.

TOLEDO, V. M. **Povos / comunidades tradicionais e a biodiversidade**. S. *et al.*, (eds.) *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, 2001.

CAPÍTULO 9

A VALORAÇÃO DA BIODIVERSIDADE COMO INSTRUMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE: OS VALORES DIVERSOS DA NATUREZA E A VALORAÇÃO PLURAL

Carlos Isaza Valencia

George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Márcia Batista da Fonseca

Alexander Rincón Ruíz

Historicamente, a construção teórica de diversas ciências tem sido subordinada a teorias norte-americanas e eurocentristas que perpetuam estruturas modernas de colonialidade. Inclusive, os conceitos e teorias do desenvolvimento sustentável na América Latina e outras regiões subdesenvolvidas do sul global estão permeados por estas perspectivas hegemônicas coloniais (Ferreira, 2020; Gudynas; Acosta, 2011; Quijano, 2000). Diante dessa realidade, os mencionados autores afirmam que é necessário conceber e consolidar novos paradigmas que sejam realmente de acordo com o contexto social, econômico, ambiental, cultural e político regional.

Algumas características da região são a desigualdade social e distribuição desigual da terra, a existência de comunidades tradicionais, comunidades indígenas e suas práticas ecológicas e sabedoria ancestral, a riqueza de recursos naturais e da biodiversidade (Clifton, J. *et al.*, 2020; Krenak *et al.*, 1989; Galeano, 2004).

Essas características mencionadas geram dinâmicas específicas que não podem ser abordadas com modelos teóricos alheios às realidades específicas de cada território (Quijano, 2000). A atual crise global da biodiversidade está ligada diretamente à tomada de decisões e à formulação de políticas públicas alheias às realidades locais, priorizando tradicionalmente a gestão dos recursos naturais através do seu valor nas negociações nos mercados. Dessa maneira se propõe trocar o chip do desenvolvimento sustentável para a sustentabilidade per se.

Assim mesmo, este capítulo tem por objetivo central discutir a trajetória da economia e ambiente, passando pela economia ambiental clássica e pelo surgimento da economia ecológica, que critica o caráter instrumental e desenvolvimentista que orienta a economia ambiental ortodoxa. Diante dessa realidade surge o conceito da valoração plural e dos valores diversos da natureza, cuja finalidade é reconhecer valores tradicionalmente ignorados na formulação das políticas públicas (Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017). Especificamente pretende-se apresentar o conceito dos valores diversos da natureza e da valoração plural da natureza.

Para compreender a trajetória da valoração plural da biodiversidade discute-se a evolução de propostas metodológicas provenientes da estrutura do valor econômico total, passando pela avaliação dos ecossistemas do milênio (MEA, 2005) e os serviços ecossistêmicos. A discussão é finalizada com a valoração plural dos serviços ecossistêmicos (VPSE) e dos valores diversos da natureza, discorrendo acerca da proposta metodológica da Plataforma Intergovernamental de Política Científica sobre Bio-

diversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) e seu enfoque de valoração como mecanismo para o desenho de políticas públicas.

TRAJETÓRIA DA SUSTENTABILIDADE

Diante dos diversos e complexos desafios que a humanidade enfrenta atualmente -mudanças climáticas, perda de biodiversidade, escassez de água, segurança alimentar, desigualdade socioeconômica, saúde global etc., as reflexões acerca de medidas que permitam combater a iminente crise global tornaram-se cada vez mais importantes. Apesar de não haver unanimidade na definição do desenvolvimento sustentável, existe um consenso entre autores importantes acerca da necessidade de ser solidários com as gerações futuras, atendendo critérios como a qualidade ambiental, o bem-estar econômico e a justiça social (Brundtland *et al.*, 1987; Daly, 1996; Sachs, 2004).

As primeiras obras que abordam o imperativo da sustentabilidade surgiram na década de 1960, junto com diversos movimento sociais, sendo muito destacadas algumas publicações como a 'Primavera silenciosa' (Carson, 1962) na qual se expõem os impactos causados pelo uso de pesticidas no meio ambiente e na saúde humana, e 'A tragédia dos comuns' (Hardin, 1968) que suscita conclusões divergentes, por uma parte, sugerindo um controle demográfico coercitivo, por outro, diante da possibilidade da degradação dos recursos comuns oferece duas respostas: a apropriação privada dos recursos ou a regulação coercitiva por parte do estado.

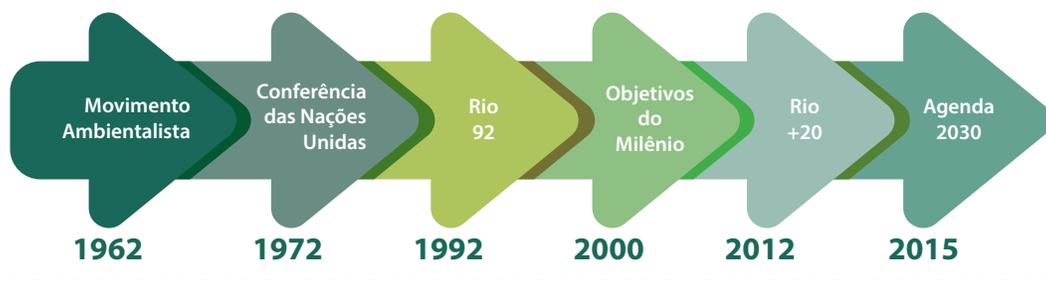
Diante da preocupação com a limitação provocada ao modelo econômico, pela redução da disponibilidade de recursos naturais, houve uma mobilização que articulou a comunidade científica com os governos e chefes de Estado ao redor do mundo, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) no evento conhecido como Conferência de Estocolmo (UNEP, 1972). A ONU desempenha até hoje um papel preponderante na promoção do desenvolvimento sustentável, acolhendo essa corrente teórica de pensamento como uma das suas preocupações mais relevantes, conformando o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) também no ano de 1972.

Cabe realizar um parêntese para destacar um conceito muito importante, que surge após a celebração da Conferência de Estocolmo, produto dos debates e discussões para conciliar desenvolvimento e meio ambiente: o conceito 'ecodesenvolvimento' (Estenssoro, 2019; Leff, 1994). O ecodesenvolvimento é uma abordagem de desenvolvimento que procura soluções específicas para problemas ecológicos e culturais em cada região, considerando as necessidades de curto e longo prazo, com ênfase na adaptação ao meio e na proteção dos ecossistemas (Sachs, 1974).

Retomando a trajetória das teorias de desenvolvimento sustentável, as discussões e as reuniões de líderes mundiais continuaram durante as últimas cinco décadas, abordando os principais questionamentos apontados pela comunidade científica, objetivando criar diretrizes para a execução de estratégias globais de desenvolvimento sustentável. A figura 9.1 apresenta a trajetória dessas reuniões, cabendo destacar que não foram considerados encontros celebrados para temas específicos da

sustentabilidade, como o Protocolo de Kyoto, celebrado em 1997, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, acontecida em Johannesburgo no ano 2002, ou a Cúpula do Clima de Paris, celebrada em 2015.

Figura 9.1 – Percurso histórico dos encontros da ONU



Fonte: elaborado pelo autor

O último evento da figura é representativo, já que nele foram apresentados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses objetivos permitiram globalizar as pautas da sustentabilidade, enfatizando a importância da colaboração entre governos, setor privado e sociedade civil. A conhecida Agenda 2030 propõe um critério pragmático mediante a síntese de uma série de indicadores que permitem avaliar a consecução de cada um dos 17 objetivos e das 169 metas propostas (ONU, 2015).

Uma das conceptualizações mais acolhidas de desenvolvimento sustentável, é a proposta pelo relatório Brundtland “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” (Brundtland *et al.*, 1987, p. 46), sendo uma definição relevante durante décadas. No entanto, nos pos-

tulados do relatório se evidencia uma interpretação própria dos limites que facilita a legitimação do crescimento econômico, a responsabilidade da sustentabilidade e das soluções ambientais é fortemente atribuída à comunidade científica e o crescimento econômico é apontado como a solução para combater a pobreza (Gudynas, 2011). Apesar das críticas, essa definição é considerada fundamental como parte de um processo de evolução dos debates sobre limites ecológicos e desenvolvimento (Gudynas; Acosta, 2011).

Autores afirmam (Gudynas; Acosta, 2011; Leff, 1994) que a teoria de desenvolvimento sustentável é guiada pelos ideais eurocentristas de desenvolvimento, nos quais o crescimento continua sendo um eixo fundamental em que predominam o crescimento e a designação de valores econômicos e instrumentais para a gestão dos recursos naturais. Ainda segundo os autores, o desenvolvimento está diretamente ligado ao subdesenvolvimento, como uma contraparte que afeta os países do sul global, causando pobreza, desigualdade e afetando diretamente o bem-estar e a vida das suas populações. Essa condição de subdesenvolvimento se evidencia em problemáticas tais como a insegurança alimentar, as migrações das populações e a falta de acesso a direitos básicos como água limpa e atenção em saúde.

Posturas críticas apontam ao desenvolvimento sustentável como uma ferramenta para perpetuar as relações globais de poder, desigualdade e colonialismo, facilitando a apropriação por parte dos países desenvolvidos para manter o domínio sobre as nações mais pobres (Agarwal; Narain, 1991; Alier; Jusmet, 2015). Nessa ordem de ideias, considerando que as diversas visões de desenvolvimento tornam difusas e maleáveis as definições, se

estabelece uma diferença entre o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade. Cabe destacar então, que a sustentabilidade é uma abordagem que surge em resposta ao enfoque principalmente econômico e de crescimento que domina a corrente do desenvolvimento sustentável (Gudynas; Acosta, 2011).

O conceito da sustentabilidade procura resolver o oxímoro que pressupõe o desenvolvimento sustentável, visando reconciliar os opostos do discurso desenvolvimentista: o meio ambiente e o crescimento econômico (Leff, 1994). O discurso da sustentabilidade inverte a lógica de crescimento, subordinando o caráter econômico aos aspectos socioambientais, priorizando a manutenção da vida e o bem-estar das populações, mediante conceitos como o *buen vivir* (Gudynas; Acosta, 2011). Ainda segundo os mencionados autores, outro questionamento do desenvolvimento sustentável é o decrescimento, o qual produz forte resistência por ir em contramão da lógica produtivista de economias opulentas dos países desenvolvidos e por não ser compatível com a realidade dos países do sul global.

ECONOMIA E AMBIENTE

Partir da perspectiva teórica da sustentabilidade é fundamental, pois o mundo natural é uma variável definidora e condicionante dentro do processo social-produtivo e consequentemente, um aspecto restritivo em posição dicotômica com o desenvolvimento econômico neoclássico (Alier; Jusmet, 2015; Daly, 1996; Sachs, 2004). É possível destacar duas correntes principais da economia do meio ambiente: a Economia Ambiental Neoclássica e a Economia Ecológica (May, 2010; Daly, 1996).

A tradicional economia ambiental não é coerente com uma posição de sustentabilidade, uma vez que está fundamentada no paradigma neoclássico de crescimento econômico sem limites (Georgescu-Roegen, 1971; May 2010). Esse paradigma considera o planeta como um cenário em que os recursos naturais são ilimitados, a natureza não representa limite nenhum para a expansão econômica e a acumulação de riqueza. Essa corrente pressupõe a perfeita substitubilidade de recursos dentro da função de produção, ou seja, caso haja redução dos recursos naturais, novas tecnologias surgirão para substituir a utilização destes.

Partindo dessa posição teórica, os recursos naturais são compreendidos em um equilíbrio com o trabalho e o capital, apontando para o progresso científico e tecnológico como garantia de controle da economia dentro dos limites do sistema de recursos naturais disponíveis (Georgescu-Roegen, 1971; Enríquez, 2010).

Autores críticos dessa corrente neoclássica, reconhecem essa abordagem na literatura como sustentabilidade fraca (Alier; Jusmet, 2015; Daly, 1996; Solow, 1956), o que significa dizer que os recursos naturais não são limitantes do crescimento. Nessa corrente, os impactos ambientais causados pela produção de bens e serviços (geração de resíduos e consumo de recursos) não são considerados dentro do cálculo de custo, sendo dessa maneira 'externalidades' assumidas pelo ambiente biofísico (Alier; Jusmet, 2015; Leff, 1994; May, 2010). A solução para os problemas ambientais surge a partir da internalização das externalidades, o que na prática significa redução de lucratividade para as empresas, aumento dos preços para os consumidores e redução do bem-estar econômico geral. Um outro caminho

seria o estabelecimento de preços de mercado para os ativos ambientais.

Em contraposição a Economia Ambiental Neoclássica surge a 'Economia Ecológica', apresentada como uma perspectiva teórica que critica diretamente a economia ambiental e a visão neoclássica da natureza como uma fonte ilimitada de recursos (Daly, 1996; Furtado, 1974). A economia ecológica é um paradigma que surgiu na década de 1970 que propõe uma ruptura com os antigos modelos de desenvolvimento e da economia neoclássica, que em termos pragmáticos, é contrária ao caráter hegemônico outorgado ao crescimento econômico (Alier; Jusmet, 2015; Georgescu-Roegen, 1971; May, 2010).

Os primeiros conceitos desenvolvidos de economia ecológica destacam a necessidade de compreender que a disponibilidade de recursos naturais é limitada dentro de um planeta finito, e que o modelo econômico vigente é insustentável (Daly, 1996; Meadows, 1972).

A primeira obra relevante apontou os efeitos da entropia na dinâmica econômica (Georgescu-Roegen, 1971), indicando que a energia utilizada do meio ambiente natural, não pode ser utilizada completamente, criando com o passar do tempo um desequilíbrio ecológico que torna insustentável o modelo econômico clássico. Diante desse novo paradigma de recursos naturais, um grupo de cientistas apresentou o modelo 'World3' (Meadows, 1972), realizando um cálculo com a inclusão de variáveis econômicas, populacionais, industriais e de poluição ambiental, e apontando para uma possível crise global em caso de continuar com as tendências de crescimento existentes.

A economia ecológica destaca a necessidade de uma nova abordagem da economia condicionada pelos princípios ecológicos e na qual, sejam considerados tanto os impactos ambientais como os limites da natureza (Daly, 1996). Outro aspecto relevante da economia ecológica, é a necessidade de incluir outros fatores fundamentais do desenvolvimento sustentável que não são considerados pela economia neoclássica, como a justiça social e a inclusão de políticas ambientais guiadas por valores sociais e ecológicos (Alier; Jusmet, 2015).

CONCEITOS E METODOLOGIAS DE VALORAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Os problemas ambientais e as externalidades não são negociados em mercados, não há preço para diversos ativos ambientais, tais como, a qualidade do ar. Um caminho para a solução da exploração desenfreada dos ativos seria a determinação do preço de mercado. Para determinar o preço é preciso conhecer a oferta e a demanda do ativo. A valoração da natureza é uma proposta da economia ambiental que em essência procura corrigir a ausência do cálculo de custo das transformações que afetam aos ativos da natureza e/ou à disponibilidade de recursos para a produção de um bem ou serviço (Mota, 1997).

Os mencionados custos são 'externalizados' para serem absorvidos pela sociedade, sendo que, essas mudanças positivas ou negativas, se materializam no aumento ou perda de bem-estar e qualidade de vida para as pessoas (May, 2010). Desse modo, a valoração econômica surge como parte de um processo de

‘internalização’ dos benefícios ligados a essas externalidades, sendo uma proposta dentro da economia ambiental, é dizer, é observada desde uma visão de crescimento econômico e de exploração da natureza.

Nas escolas econômicas clássicas, a base produtiva de uma sociedade está composta pelo capital social, capital humano e o capital manufaturado (Costanza *et al.*, 1997; May, 2010). Por outro lado, a economia ecológica introduz o termo Capital Natural (CN), que passa a ser considerado fundamental para compreender o valor dos recursos naturais dentro do processo produtivo. A aplicação desse conceito, pode guiar com rigor científico, o cálculo dos custos que devem ser arcados para garantir o desenvolvimento sustentável da humanidade e valorar os recursos naturais (Daly, 1996; MEA, 2003; Schumachers; Standpunkt, 1973).

A abordagem de valoração dos recursos naturais foi proposta inicialmente como mecanismo para incluir o valor dos fluxos de energia nas atividades econômicas que envolvem o uso de recursos da natureza (Costanza, 1980). A valoração ambiental parte do princípio de que todas as formas de economia dependem da natureza, mediante o fornecimento de benefícios espirituais, recreativos, educacionais e outros benefícios não materiais para o ser humano (MEA, 2005, IPBES, 2022). Assim mesmo, a ação antrópica afeta a disponibilidade e a qualidade desses benefícios e conseqüentemente o bem-estar humano e a qualidade de vida.

Diante da necessidade de calcular o valor dos múltiplos benefícios que a natureza outorga aos seres humanos, a valoração da biodiversidade viabiliza a geração de pensamentos

interdisciplinares que permitam considerar diversos pontos de vista para encontrar alternativas de desenvolvimento (May, 2010; Rincón-Ruiz *et al.*, 2019). Como limitante, na valoração ambiental os valores apresentados serão sempre subestimados e não englobam todos os benefícios que o meio ambiente oferece (De Groot *et al.*, 2010; MEA, 2003; Mota, 1997). Apesar das críticas, essa perspectiva econômica é amplamente adotada pela comunidade científica para orientar processos de tomadas de decisão que incluem a exploração de recursos naturais.

Um conceito fundamental que deve ser apresentado para compreender as origens da valoração do meio ambiente e o valor utilitário dos ecossistemas é o Valor Econômico Total (VET). A estrutura do VET apresenta as categorias de valor que surgem das interações dos seres humanos com os ecossistemas e quais são as abordagens metodológicas apropriadas para valorizar os benefícios obtidos através dessas interações (MEA, 2003; Mota, 1997). As categorias principais de valores (Figura 9.2) são de acordo com a VET: valores de uso e valores de não uso.

Dentro da categoria de ‘valor de uso’, os ‘valores de uso direto’ dos recursos naturais podem ser consuntivos – alimentos, plantas medicinais, madeira para construção, energia etc. – ou não consuntivos – atividades espirituais, recreativas, esportes na natureza etc. Os ‘valores de uso indireto’ correspondem a benefícios que a natureza fornece aos seres humanos, tais como a polinização, a absorção de dióxido de carbono, o ciclo hidrológico etc. Como ‘valor opcional’ de uso, se entendem todos aqueles recursos naturais que não são usados atualmente, mas podem ser usados futuramente.

Figura 9.2 – Estrutura do valor econômico total.

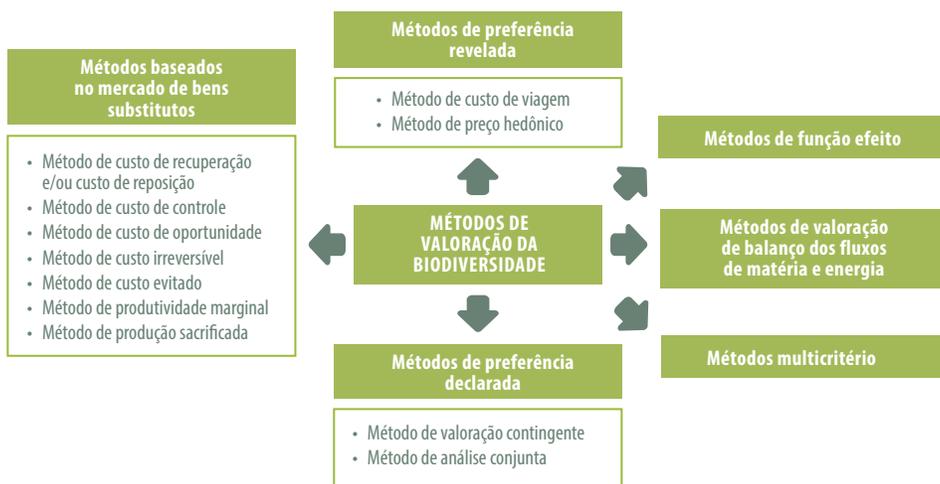


Fonte: MEA, 2003, p. 132.

A atribuição de valores sentimentais aos ecossistemas - senso de pertença, valores altruístas e filantrópicos, heranças culturais, lugares sagrados etc. - (May, 2010; Mota, 1997), implica a existência de um 'valor não utilitário' dos ecossistemas, no entanto, foram desenvolvidas poucas propostas metodológicas para esse tipo de valores (Figura 2). Isto se deve a que o próprio paradigma utilitário, promovido pela escola de economia clássica, não contempla o conceito de 'valor intrínseco' da natureza e se fundamenta em atribuições utilitárias de valor (Alier; Jusmet, 2015, De Groot *et al.*, 2010). O valor intrínseco é não utilitário que grupos humanos atribuem ao mundo natural de acordo com seu contexto cultural e religioso (Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017).

Os métodos de valoração da biodiversidade estão classificados em (i) métodos baseados no mercado de bens substitutos, (ii) métodos de preferência revelada, (iii) métodos de preferência declarada, (iv) métodos de função efeito, (v) métodos de valoração de balanço dos fluxos de matéria e energia, e (vi) métodos multicritério, tal como é apresentado na Figura 9.3.

Figura 9.3 – Classificação dos métodos de valoração da biodiversidade.



Fonte: May, 2010.

Cada aproximação metodológica corresponde a uma categoria de valor da natureza que está sendo analisada. Em continuação, serão explicadas as abordagens metodológicas de valoração.

- » **Métodos baseados em mercados substitutos:** essa abordagem determina que a demanda de um determinado produto vai aumentar em função do aumen-

to do preço de um outro produto que é considerado substituto. Essa abordagem é aplicada para ativos da natureza sem valor econômico atribuído nos mercados convencionais, sendo necessária a aplicação de técnicas de mercados substitutos;

- » **Métodos de preferência revelada:** esses métodos consistem na observação das escolhas e dos comportamentos dos consumidores, já que dessa maneira é possível identificar os hábitos de consumo de um indivíduo, sendo possível estimar o valor de determinado ativo ambiental;
- » **Métodos de preferência declarada:** mediante o uso de técnicas que procuram conhecer opiniões, valores e/ou preferências dos indivíduos acerca das suas prioridades e os valores que esses outorgam aos recursos naturais;
- » **Métodos de função-efeito:** consiste no cálculo da relação função-efeito de fenômenos ambientais e suas relações função/efeito com eventos econômicos ou sociais, seja como causa ou consequência por médio de projeções e modelos.

Como pode ser observado, as quatro classificações metodológicas apresentadas possuem um enfoque de valoração econômica que procura atribuir valores comerciais à natureza, sendo construídos dentro da teoria da economia ambiental. Por outro lado, os seguintes métodos têm outro tipo de abordagem

que procura identificar valores de caráter não econômico, como valores biofísicos, indicadores sociais, entre outros:

- » **Métodos de valoração de balanço dos fluxos de matéria e energia:** consiste na prática de métodos que calculam e apresentam as transferências constantes de materiais e energia, desde e para a natureza, em cada um dos setores
- » **Métodos multicritério:** esta abordagem busca incluir diferentes perspectivas de valor atribuídas à biodiversidade, o termo 'diferentes perspectivas' faz referências às diferentes escolas de economia do meio ambiente, nesse sentido, os métodos de valoração multicritério estão associados à economia ecológica, já que não procuram definir valores exclusivamente econômicos dentro do processo de valoração.

OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Continuando com a trajetória histórica das propostas de valoração da natureza, foi publicada a *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), a qual apresentou uma metáfora que compara os fluxos da natureza e as funções ecossistêmicas com serviços que a natureza fornece aos seres humanos. Esses serviços, conhecidos como serviços ecossistêmicos (SE), beneficiam aos seres humanos de maneira direta e indireta, e sua qualidade depende diretamente do estado de conservação do ecossistema (De Groot *et al.*, 2010; Chan *et al.*, 2016).

Os SE são uma proposta da economia ecológica que analisa as relações entre os seres humanos e os ecossistemas, elaborando uma classificação de fluxos e funções da natureza que representam benefícios para as pessoas (Costanza *et al.*, 1997; Haines-Young, Potschin, 2012; MEA, 2005; TEEB, 2010). Sendo assim, o estudo dos ecossistemas é base essencial para essa aproximação teórica. Embora existam várias conceptualizações do termo ‘ecossistema’, no presente capítulo é adotada a definição da Convenção sobre Diversidade Biológica (UN, 1992; p. 9): “complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e microrganismos e seu ambiente não vivo interagindo como uma unidade funcional”.

A abordagem dos serviços ecossistêmicos visa identificar e valorar as funções dos ecossistemas para identificar os serviços derivados dessas funções que afetam os seres humanos através do seu bem-estar e do benefício econômico (Costanza *et al.*, 1997; MEA, 2005). Essa perspectiva favorece a gestão integrada dos recursos naturais e das atividades que dependem desses recursos, destacando a necessidade do seu uso sustentável para manter a qualidade dos benefícios provenientes dos fluxos da natureza. Os SE estão classificados em quatro categorias (MEA, 2005): (i) serviços ecossistêmicos de provisão, (ii) serviços ecossistêmicos culturais, (iii) serviços ecossistêmicos de regulação e, (iv) serviços ecossistêmicos de suporte:

- » **Serviços ecossistêmicos de provisão (SEP):** são os fluxos provenientes da natureza utilizados para o benefício das pessoas através do uso e consumo direto, por tanto podem ser estimados com ‘valores de uso’. As

principais categorias de SEP são água potável, alimento, fontes de energia, matérias primas, recursos genéticos e plantas medicinais, entre outros. As publicações científicas sobre valoração de SE focadas nesta categoria são predominantes.

- » **Serviços ecossistêmicos culturais (SEC):** são benefícios não materiais que contribuem para o bem-estar humano por meio da interação das pessoas com o capital natural, o capital humano, o capital social e o capital construído. Os valores de não uso, são atribuíveis aos SEC. Alguns exemplos desta categoria são: a identidade cultural, senso de pertença, os saberes e práticas ecológicas das comunidades tradicionais, o conhecimento científico, atividades turismo focadas na natureza, atividades recreativas, valores estéticos de inspiração artística, cerimônias religiosas, educação ambiental, gastronomias locais, bem-estar, valores históricos, valores simbólicos associados a características da biodiversidade, entre outros. É importante destacar que a presente pesquisa estará focada principalmente na valoração desta categoria de serviços.
- » **Serviços ecossistêmicos de regulação (SER):** os processos naturais são regulados mediante funções dos ecossistemas, que garantem o equilíbrio ambiental, proporcionando benefícios às pessoas. Entre os exemplos de SER estão a absorção de gases de efeito estufa, controle

da erosão do solo, regulação do clima, regulação dos ciclos hidrológicos, polinização, entre outros.

- » **Serviços ecossistêmicos de suporte (SES):** da mesma maneira que a categoria anterior, são funções dos ecossistemas, com a diferença de que as funções desta categoria suportam as outras categorias dos SE. Alguns exemplos desta categoria são a ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes, filtração e purificação da água, habitat e reprodução, formação do solo, retenção de sedimentos, estabilização do clima etc. Para representar a importância desta categoria é realizada entre os SE e a contabilidade, na qual os SES correspondem ao 'patrimônio' e as outras categorias correspondem aos 'ativos' e os 'passivos' (MEA, 2005).

Uma crítica realizada à abordagem de valoração dos SE é o fato de analisar as funções dos ecossistemas a partir dos benefícios que brindam às pessoas, tendo um caráter antropocêntrico que pode estabelecer valores intrínsecos da natureza e legitimar a exploração dos recursos naturais (Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017). Nessa ordem de ideias, valorar a natureza através dos benefícios que ela fornece aos seres humanos é um enfoque instrumental que visa atender os interesses do mercado. Em resposta a essa crítica, surgiram novas alternativas para valorar a natureza, não pelos serviços que possa fornecer aos humanos e sim pelas relações, as quais constroem diferentes significados de valor que indivíduos ou sociedades atribuem à natureza (Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017).

A VALORAÇÃO PLURAL DA NATUREZA

Para compreender a valoração plural da natureza, é necessário apresentar a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (IPBES). A IPBES é uma organização intergovernamental articulada em escala global criada para fortalecer a interação entre ciência e política. Sua missão é informar aos governos acerca das problemáticas da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas, visando fundamentar cientificamente a tomada de decisões (UNEP; IPBES, 2013). A primeira plenária da IPBES foi celebrada na cidade de Panamá no mês de abril do ano de 2012, contando com a participação de representantes de 105 países, cientistas, especialistas e profissionais com experiência na valoração dos SE (UNEP; IPBES, 2013). As plenárias da IPBES são realizadas anualmente em diferentes países, com a participação de pesquisadores, que buscam compreender a pluralidade de interpretações do mundo (UNEP; IPBES, 2013).

Dessa maneira, propõem uma estrutura metodológica que guie tanto o planejamento como o processo de valoração da biodiversidade, adaptável à diversidade de contextos sociais, econômicos e ecológicos e às múltiplas perspectivas e entendimentos do mundo natural (Arias-Arévalo *et al.*, 2017; Díaz *et al.*, 2018; González-Jiménez; Balvanera-Levy, 2022; Pascual *et al.*, 2017; Rincón-Ruíz, 2015).

Procurando alternativas de elucidar e compreender os diversos valores da natureza, foi desenvolvido o conceito das contribuições da natureza para as pessoas (CNP) (Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017), as quais são o elo entre a natureza e a boa qualidade de vida, podendo ser contribuições positi-

vas (benefícios) ou negativas (perdas ou prejuízos). De acordo como é apresentado na Figura 9.4, a proposta conceitual está conformada por dezoito categorias ordenadas em três grupos que interagem parcialmente.

As CNP, enfatizam a necessidade de incorporar de maneira explícita conhecimentos tradicionais no processo de valoração e são apresentadas como um passo evolutivo que substitui o conceito antropocentrista de serviços dos ecossistemas para um conceito mais holístico. Dessa maneira poderão ser identificados conhecimentos decorrentes da representação das relações homem-natureza e dos sistemas de conhecimento derivados de diversas visões do mundo (Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017).

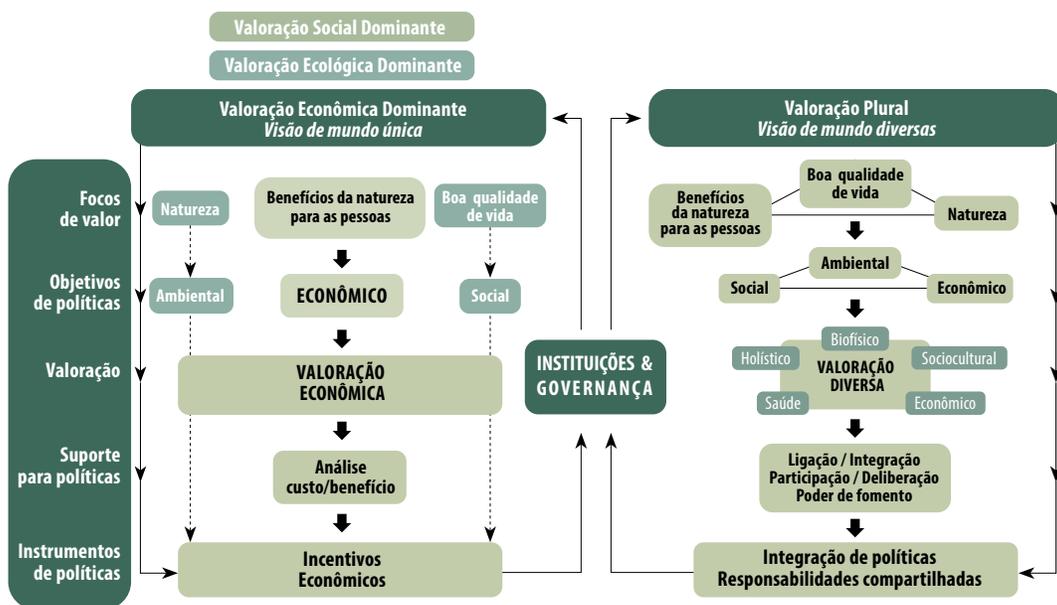
Figura 9.4 – Categorias e grupos das contribuições da natureza para as pessoas.



Fonte: Díaz *et al.*, 2018.

A valoração tradicional de recursos naturais opera com abordagens unidimensionais, sendo que a valoração ecológica tem foco na natureza e os objetivos das suas políticas são de caráter ambiental (Quadro do lado esquerdo da Figura 9.5). Dessa mesma maneira, a valoração econômica é focada nos benefícios da natureza para as pessoas e a valoração social tem foco na boa qualidade de vida (UNEP; IPBES, 2015; Pascual *et al.*, 2017). A valoração plural (quadro direito da Figura 9.5) se fundamenta em visões de mundo diversas e opera com um enfoque integrado, elucidando dessa forma diferentes valores de acordo com a participação dos grupos que interagem com o ecossistema que está sendo valorado.

Figura 9.5 – Comparação da valoração econômica e a da valoração plural.



Fonte: Pascual *et al.*, 2017.

Para identificar os valores diversos da natureza é necessário realizar um enfoque transdisciplinar, uma vez que é orientado pelos conhecimentos tradicionais das comunidades envolvidas, tanto para identificar os valores diversos dos ecossistemas, como também, para integrar os resultados da valoração. Essa síntese dos resultados deve ser direcionada para identificar as ligações entre os valores achados no processo, valores que serão informações para apoiar a tomada de decisões (Pascual *et al.*, 2023; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019).

Na valoração plural o foco de valoração pode ser classificado em três tipos diferentes de valores: natureza, benefícios da natureza para as pessoas e boa qualidade de vida (Díaz *et al.*, 2018; IPBES, 2022; UNEP; IPBES, 2015). A categoria de natureza tem uma abordagem não antropocêntrica e refere-se ao valor intrínseco da natureza e das entidades naturais. As contribuições da natureza para as pessoas derivam das funções ecossistêmicas associadas a valores instrumentais e biofísicos e têm uma abordagem antropocêntrica. A categoria de boa qualidade de vida refere-se às contribuições dos processos do ecossistema para o senso de realização pessoal e para uma boa qualidade de vida e tem uma abordagem antropocêntrica e relacional, com ênfase nas dinâmicas entre os diversos elementos da natureza e o bem-estar humano (IPBES, 2022; UNEP; IPBES, 2015).

Como mencionado anteriormente, a valoração plural envolve uma abordagem transdisciplinar que incorpora conhecimentos tradicionais das comunidades locais e permite identificar valores diversos de acordo com a participação dos grupos que interagem com o ecossistema valorizado (IPBES, 2015; Pascual *et al.*, 2023; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019). Essa perspectiva busca ampliar

a diversidade de valores da natureza e reconhecer a importância das percepções locais e dos sistemas de conhecimento no processo de valoração, sendo uma resposta para criticar a economia ambiental ortodoxa que toma decisões de maneira verticalizada e que observa a natureza com uma visão extrativista.

O trabalho de pesquisa no contexto latino-americano foi fundamental para a conformação da IPBES, sendo destacado o trabalho de 'valoração integral da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos' (Rincón Ruíz *et al.*, 2014), que foi uma base inicial para a inclusão de valores sociais e ecológicos da natureza. Desse modo, a trajetória da valoração plural dos serviços ecossistêmicos está marcada pela participação de pesquisadores da região nos relatórios anuais da IPBES, com destaque para o relatório de avaliação regional da IPBES sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos para as Américas (IPBES, 2018).

Uma contribuição notável é a valoração integrada dos serviços ecossistêmicos (VISE), essa proposta é desenvolvida no contexto latino-americano e destaca a necessidade de criar estruturas de valoração adaptadas às realidades específicas da região (Rincón-Ruiz *et al.*, 2019). De acordo com esse estudo, os problemas sociais predominantes, como a desigualdade, a pobreza extrema, altas taxas de violência e relações de poder desiguais (Krenak, 1989; Quijano, 2000; Santos, 2011), devem ser considerados nos processos de valoração.

O enfoque do VISE propõe discutir alguns fatores que determinam como os recursos naturais são usados e quais valores são atribuídos à natureza, por meio da aplicação destas etapas: (6) identificar o nível de participação dos atores envolvidos, uma

análise das relações de poder, (7) incorporar ativamente as contribuições das partes interessadas que estão fora da academia para orientar a tomada de decisões e (8) analisar as relações de poder para abordar questões como quais valores serão representados e quem decide quais valores serão aprimorados. Outras publicações relevantes no contexto latino-americano incluem reflexões sobre a colaboração entre a universidade e o governo em relação à valorização (Rincón-Ruiz *et al.*, 2019), análises teóricas e experiências empíricas sobre os processos de avaliação integrada na América Latina (González-Jiménez; Balvanera-Levy, 2022) e estudos de caso em diferentes países e territórios (Arias-Arévalo *et al.*, 2017; Jacobs *et al.*, 2016; Mistry; Berardi, 2016).

Partindo dos conceitos e da estrutura estabelecida pela IPBES para as Américas (Padgurschi; Joly, 2017), um grupo de especialistas brasileiros tomou a iniciativa de desenvolver a estrutura de valoração brasileira e apresentou a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES). Esta organização busca ser um ponto de referência na valorização plural dos SE no país e desenvolver um plano estratégico para a formulação de políticas públicas que promovam a sustentabilidade e o desenvolvimento socioeconômico no Brasil (Padgurschi; Joly, 2017; Scarano *et al.*, 2019).

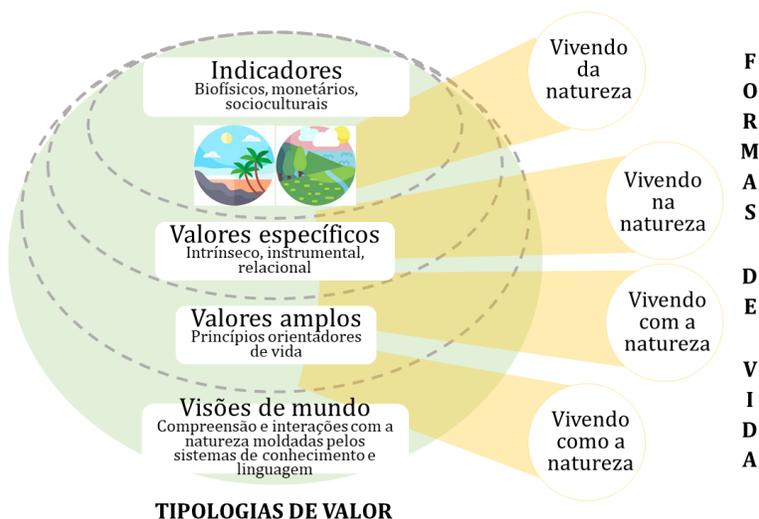
Em resumo, a valoração plural dos SE é uma estrutura teórico-metodológica que busca ampliar a diversidade de valores da natureza, integrando conhecimentos tradicionais e reconhecendo a importância das percepções locais e dos conhecimentos das comunidades tradicionais e povos indígenas no processo de valoração. Isso permite abordar problemas ecológicos e culturais

específicos em diferentes regiões, levando em consideração as diversas perspectivas sobre os valores da natureza e as práticas ancestrais de conservação.

OS VALORES DIVERSOS DA NATUREZA

Diante desse panorama de valores diversificados os diversos valores da natureza são sistematizados a partir de dois componentes: as tipologias de valor e as formas de vida (Anderson *et al.*, 2022; Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017; Rincón-Ruiz *et al.*, 2019). A Figura 9.6, apresenta as tipologias de valor classificadas em quatro conceitos centrais (visões de mundo, valores amplos, valores específicos e indicadores).

Figura 9.6 – Conceitos para entender os valores diversos da natureza.



Fonte: Anderson *et al.*, 2022).

Simultaneamente apresenta também, as formas de vida, categorizando o indivíduo ou grupo social de acordo com as características das relações homem-natureza que são estabelecidas e sua influência nos conjuntos de valores que são priorizados (viver da natureza, viver com a natureza, viver na natureza e viver como a natureza). Assim, a diversidade deve ser compreendida em diferentes camadas e não pode ser limitada a interpretações unidimensionais (Anderson *et al.*, 2022; IPBES, 2022; Pascual, *et al.*, 2023).

As formas de vida são estruturas interdisciplinares que permitem organizar as dinâmicas das relações humano-natureza em quatro categorias: viver da natureza, viver com a natureza, viver na natureza e viver como a natureza (Anderson *et al.*, 2022; IPBES, 2022; Pascual *et al.*, 2023). Dessa maneira, é possível classificar as diferentes visões de mundo, os diversos valores da natureza e as CNP, expressando diferentes modos de ser e de viver (Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019).

Na forma ‘viver da natureza’, a concepção da natureza envolve enxergá-la como fonte recursos que contribuem e criam condições para o sustento e o bem-estar da humanidade. ‘Viver com a natureza’ apresenta valores intrínsecos de reconhecimento dos direitos da natureza, sob condições semelhantes aos seres humanos. ‘Viver na natureza’ está ligada ao conceito de território, destacando as paisagens, a terra, a herança e a cultura. ‘Viver como a natureza’ refere-se à harmonia física, mental e espiritual com a natureza (Anderson *et al.*, 2022; IPBES, 2022; Pascual *et al.*, 2023).

Apesar de que as diferentes formas de vida determinam a percepção dos diversos valores da natureza por parte de cada indivíduo, as formas de vida não se excluem mutuamente. Para ilustrar essa situação, os membros de uma comunidade tradicional que habita uma região litorânea podem observar uma área de mangue como fonte de alimento (viver de), componente essencial do seu território e da sua cultura (viver na), como berçário de múltiplas espécies (viver com) e como parte essencial de sua existência e identidade (viver como). Dessa maneira, é necessário realizar um enfoque abrangente para identificar os valores diversos que cada indivíduo outorga à natureza.

Determinado pelas formas de vida (Figura 9.6), os diversos valores da natureza surgem das visões de mundo, é dizer, do caráter subjetivo que define a percepção individual da natureza por parte de cada indivíduo e a respectiva relação homem-natureza (Anderson *et al.*, 2022; Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017; Rincón-Ruiz *et al.*, 2019). A visão de mundo é a acumulação de atitudes, crenças, valores, e interpretações que modelam a maneira como uma cultura ou uma pessoa compreende seu entorno (Dilthey, 1974). A formação da visão de mundo começa na infância e é configurada pelas situações e lugares de mundo ocupados, pode ser influenciada por eventos importantes como as migrações, e moldadas pelas religiões, os sistemas de conhecimento e os idiomas (Anderson *et al.*, 2022; IPBES, 2022).

As categorias das visões de mundo são variadas, sendo mais prevalentes nas decisões políticas e na literatura científica as visões de caráter antropocêntrico e biocêntrico (Anderson *et al.*, 2022). A valoração diversa da natureza inclui as visões de mundo pluricêntricas, refletindo uma concepção que se alinha

com valores relacionais, ou seja, os valores que surgem das CNP a partir das relações entre seres humanos, dos seres humanos com a natureza e das responsabilidades dos seres humanos para com ela (Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017). Exemplos de valores relacionais são a consciência ecológica, os valores sagrados e culturais atribuídos à natureza, ou a apreciação estética e a inspiração baseada na natureza (Arias-Arévalo *et al.*, 2017).

A linguagem é um aspecto fundamental para a formação e a transmissão dos valores da natureza, observado na maneira de nomear, categorizar, armazenar e transmitir conhecimentos, relacionamentos e valores da natureza (Anderson *et al.*, 2022; UNEP, IPBES, 2015). A linguagem é tão importante, que a sua erosão causa impacto nos valores da biodiversidade, o enfraquecimento do léxico causa a perda de conhecimentos tradicionais, interrompendo uma cadeia transmitida durante gerações (Anderson *et al.*, 2022). A linguagem também é fundamental para regras de comportamento e princípios éticos, construção de histórias e contos populares, e codificação dos valores que representam as cosmovisões e crenças das comunidades através das mitologias, armazenando e transmitindo valores amplos.

A tipologia dos valores amplos faz referência a princípios orientadores e objetivos de vida. Chamados também como princípios (UNEP; IPBES, 2015), podem ser compreendidos como crenças conformadas por regras e juízos morais, diversos em cada território de acordo com o contexto sociocultural. No entanto, os valores amplos se manifestam mediante processos subjetivos, uma vez que, vários indivíduos dentro de um mesmo território podem outorgar diferentes valores a um recurso natural (Díaz *et al.*, 2018; UNEP; IPBES, 2015; Pascual *et al.*, 2017). Alguns exemplos

de valores amplos são prosperidade, uso eficiente de recursos, segurança, pertencimento, beleza e saúde (Anderson *et al.*, 2022).

Os valores específicos são “opiniões ou julgamentos da importância de coisas específicas em situações e contextos particulares” (Anderson *et al.*, 2022; p. 31), sendo influenciados pelos valores amplos. Esta tipologia é categorizada em valores instrumentais, intrínsecos e valores relacionais. Por valores instrumentais se entende os valores substituíveis determinados pelo consumo e as preferências das pessoas, por valores intrínsecos, aqueles que possuem um valor inerente à sua existência, e por valores relacionais, aqueles que capturam as relações não instrumentais das pessoas com a natureza. (IPBES, 2022; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019). A Figura 9.7 apresenta os conjuntos de exemplos de valores específicos, sendo três tipos instrumentais, específicos e intrínsecos.

Figura 9.7 – Visão dos múltiplos valores específicos da natureza.



Fonte: Anderson *et al.*, 2022.

É necessário fazer um destaque para o conceito de valor relacional, proposto pela abordagem da IPBES com o intuito incluir a multiplicidade de valores atribuídos à natureza, enfatizando a necessidade de detectar valores ignorados nas decisões (González-Jiménez; Balvanera-Levy, 2022; Muraca, 2011; Rincón-Ruiz *et al.*, 2019). A importância de considerar esses valores é fundamental para compreender a maneira como a natureza contribui para o bem-estar humano. Para tal finalidade são incorporados conceitos como *Buen vivir* e Mãe Terra, termos considerados desde uma perspectiva científica, com metáforas que permitem interpretar diferentes cosmovisões e relações homem-natureza (Giraldo, 2012).

O termo ‘valor relacional’ foi cunhado no contexto da proposta de uma nova matriz axiológica para a ética ambiental

(Muraca, 2011), focada no conteúdo relacional da valoração, sendo que o conteúdo da valoração se refere ao que é valorizado e como o valor é atribuído e articulado (Riechers *et al.*, 2022). Os valores relacionais permitem retratar a diversidade de valores que não são atribuídos diretamente aos fluxos da natureza, mas são decorrentes das interações com ela e das responsabilidades dos seres humanos para com ela (Chan *et al.*, 2016; Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017).

Embora o consenso na comunidade científica do conceito de valor relacional seja recente, está precedido por uma história de pesquisa rica, diversificada e extensa em abordagens tanto teórico-conceituais como empíricas (Riechers *et al.*, 2022). Os valores relacionais buscam identificar as contribuições da natureza para as pessoas. Exemplos de valores relacionais são a consciência ecológica, os valores sagrados e culturais atribuídos à natureza, ou a apreciação estética e a inspiração baseada na natureza (Arias-Arévalo *et al.*, 2017).

Finalizando com as definições das tipologias de valor, são apresentados os valores representados através dos ‘indicadores’ representam a dimensão do valor como medida, permitindo identificar e mensurar dimensões qualitativas e quantitativas de aspectos biofísicos, socioculturais, econômicos etc. da natureza, assim como a integração ou combinação destes (IBPES, 2022). Os indicadores biofísicos abrangem *stocks* e fluxos da natureza e incluem diversidade genética, números de populações, características de espécies, etc. Os indicadores socioculturais podem ser levantados mediante métodos quantitativos (classificações, *rankings*, dados demográficos) ou métodos qualitativos. Os indi-

cadres monetários são baseados em preferências ou mediante mercados substitutos.

Os indicadores permitem realizar abordagens metodológicas para avaliar direta ou indiretamente os valores, seja através de maneira declarada ou manifestada mediante comportamentos (Anderson *et al.*, 2022). Os indicadores podem ser combinados para formar macroindicadores amplamente utilizados para a tomada de decisões: índice de desenvolvimento humano (IDH), índice de bem-estar econômico sustentável (IBES), objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) etc. Os macroindicadores visam realizar cálculos em escala global, analisando fenômenos de maneira multidimensional, no entanto, indicadores como o PIB não incluem dimensões ambientais dentro da sua proposta de valoração.

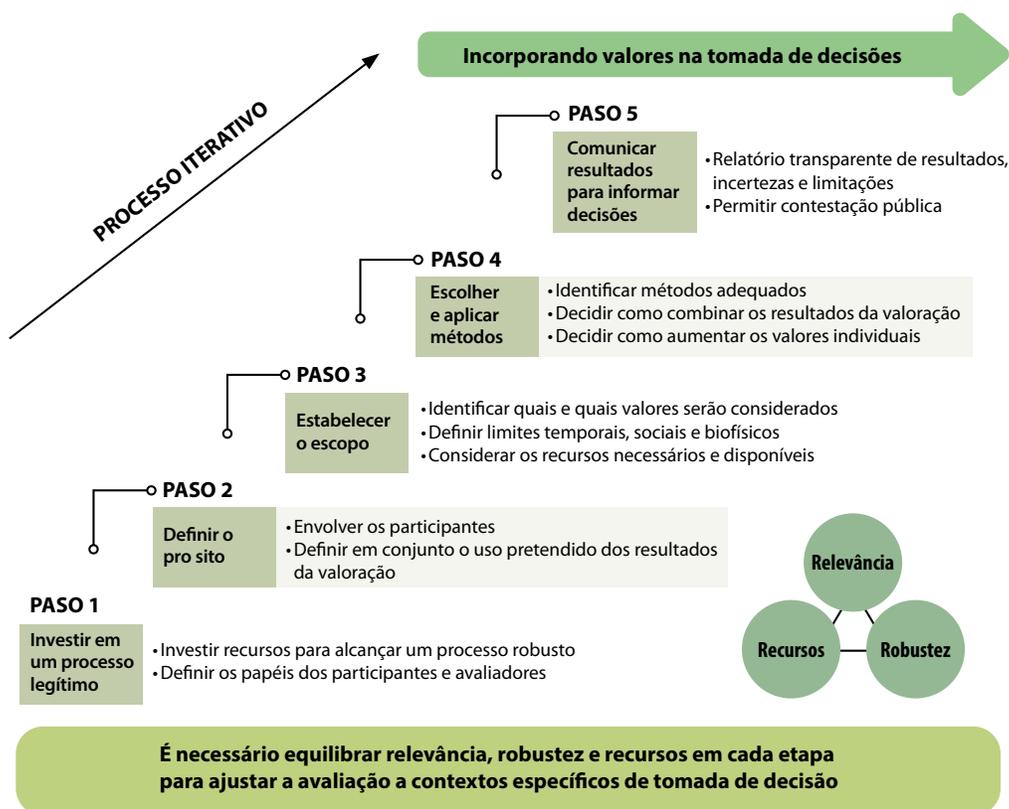
A ESTRUTURA METODOLÓGICA PARA ELUCIDAR OS VALORES DIVERSOS DA NATUREZA

Os métodos de valoração tradicionais apresentados tradicionais são definidos mediante um enfoque unidimensional de valor, extraindo os valores que podem ser identificados com relativa facilidade (IPBES, 2022). Para identificar os valores diversos da natureza e executar os procedimentos metodológicos da valoração plural, é necessário elucidar a percepção dos *stakeholders* acerca do que eles consideram que deve ser valorado (Chan *et al.*, 2016; Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017). Sendo assim, o método de valoração não é definido a priori, os valores diversos da natureza são definidos durante as primeiras

etapas de aplicação do método de valoração plural (IPBES, 2022; Rincón-Ruiz *et al.*, 2019).

Como pode ser observado na Figura 9.8, o processo metodológico de valoração proposto pela IPBES é composto por cinco etapas iterativas.

Figura 9.8 – Etapas iterativas de valoração plural dos serviços ecossistêmicos.



Fonte: IPBES, 2022.

As etapas da valoração plural são: (i) investir em um processo legítimo; (ii) definir a finalidade e o uso pretendido dos resultados da avaliação; (iii) estabelecer os limites do escopo de avaliação; (iv) escolher e aplicar os métodos de avaliação com base nas etapas anteriores; e (v) comunicar os resultados da avaliação, validade, limitações e riscos.

Os primeiros passos do processo iterativo de Valoração Plural dos Serviços Ecossistêmicos (VPSE) têm como objetivo construir uma base sólida de informações que permita considerar os diversos valores da natureza, a fim de consolidar sua relevância como recurso para a tomada de decisões em políticas públicas (IPBES, 2022). Escolher o método de valoração antes de conhecer as particularidades locais dos diversos valores da natureza pode enviesar o resultado da valoração, pois existe o risco de ignorar outros valores que não podem ser identificados com métodos predefinidos (Díaz *et al.*, 2015; UNEP; IPBES, 2015). Nesta etapa inicial, também devem ser analisadas as assimetrias de poder, uma vez que essas influenciam a percepção de valor (Rincón-Ruíz *et al.*, 2019).

Portanto, antes de escolher um método, a proposta metodológica da valoração plural define inicialmente os participantes no processo, os recursos que serão utilizados e as técnicas que serão adotadas durante o processo de valoração, garantindo que diferentes valores sejam identificados (IPBES, 2022; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019). A identificação dos diversos valores da natureza permite a seleção das técnicas e procedimentos mais apropriados, de acordo com os resultados de uma coleta de dados metodologicamente rigorosa (Chan *et al.*, 2016; Pascual *et al.*, 2017). Dessa forma, a escolha dos métodos de valoração de acordo com as

particularidades locais está ligada à identificação das tipologias de valor definidas na determinação do escopo, assim que for definido o uso pretendido para os resultados da valoração.

Os métodos de valoração tradicionais fornecem informações de características específicas (por exemplo, biofísicas, sociais, culturais, econômicas). Isoladamente, métodos específicos não têm a capacidade de extrair os valores diversos, porém desempenham um papel fundamental ao fornecer informações detalhadas sobre valores críticos que são essenciais nos processos de tomada de decisão (IBPES, 2022). Os conhecimentos das comunidades tradicionais e populações indígenas são fundamentais nesse processo, já que suas experiências determinam a sua percepção dos valores individuais e conseqüentemente dos valores coletivos da natureza (Chan *et al.*, 2016; Díaz *et al.*, 2015; Pascual *et al.*, 2017).

A formulação de políticas públicas adequadas aos contextos ambientais, socioeconômicos e culturais específicos, dependem do reconhecimento dos valores reais que são reconhecidos. É fundamental encontrar um equilíbrio adequado entre a importância, a solidez e os recursos disponíveis em cada etapa, a fim de adaptar a valoração aos contextos específicos de tomada de decisão (IPBES, 2022).

A VALORAÇÃO PLURAL COMO MECANISMO PARA O DESENHO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

O aumento na pesquisa de valoração ao longo das últimas três décadas é destacável, contudo, menos de 5% dos

trabalhos publicados, indicam que a valoração é efetivamente utilizada na tomada de decisões (IPBES, 2022; Pascual *et al.*, 2023). Uma premissa fundamental da valoração plural dos SE é o estabelecimento de conexões entre a comunidade científica e os setores políticos, aproveitando os diversos valores da natureza para viabilizar as transformações necessárias para atingir o desenvolvimento sustentável (UNEP; IPBES, 2015; Pascual *et al.*, 2023). Para tal finalidade, o desenho de políticas deve incorporar princípios sustentáveis nos princípios sociais estabelecidos, bem como nas normas e regras legais que modelam as relações entre seres humanos e a natureza (UNEP; IPBES, 2013).

Tradicionalmente, os processos de tomada de decisões marginalizam certas visões de mundo e sistemas de conhecimento, enquanto reconhecem outras, de acordo com os contextos de relações de poder, as quais frequentemente são excessivamente assimétricas (Rincón-Ruiz *et al.*, 2019). A proposta de valoração da IPBES visa respeitar os valores reconhecidos pelas comunidades tradicionais e as populações indígenas, cujos conhecimentos e práticas estão associadas à gestão sustentável dos recursos naturais (Chan *et al.*, 2016; Pascual *et al.*, 2017). Os mencionados autores apontam à importância de que os processos de tomada de decisão, reconheçam e equilibrem efetivamente a representação dos diversos valores da natureza, abordando os diferentes níveis de poder social e econômico entre os atores, objetivando atingir resultados políticos sustentáveis e equitativos.

Nesse sentido, a valoração participativa é fundamental para reconhecer os valores diversos da natureza, sendo necessário abordar as assimetrias de poder para formular políticas públicas justas e equitativas (IPBES, 2022; Rincón Ruíz *et al.*, 2019). A par-

ticipação ativa da comunidade é fundamental para representar os valores desde a perspectiva social comunitária, que evite os processos de tomada de decisões verticalizados (IPBES, 2022; Pascual *et al.*, 2023). Diante disso, as abordagens de formulação de políticas tradicionais não representam adequadamente os valores relacionais e instrumentais percebidos pelas comunidades tradicionais e as populações indígenas, gerando políticas pouco eficazes que não são compatíveis com a realidade das comunidades (Anderson *et al.*, 2022; Díaz *et al.*, 2018; Pascual *et al.*, 2017; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019).

A valoração plural dos SE visa legitimar o respeito para com os diferentes modos de vida, práticas e conhecimentos, transpassando os limites das epistemologias e visões de mundo dominantes (IPBES 2022; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019). Dessa forma, se procura desconstruir os mecanismos modernos de colonização dos quais são vítimas as populações indígenas e as comunidades tradicionais, que vivem sob a influência de políticas públicas formuladas de cima para baixo (Ferreira, 2020; Galeano, 2004).

A formulação de políticas públicas inadequadas causa conflitos socioambientais ligados às relações de poder desiguais que priorizam os interesses dos agentes com maior poder de influência em detrimento das necessidades das comunidades locais mais vulneráveis (UNEP; IPBES, 2013; Rincón-Ruíz *et al.*, 2019). A tomada de decisões que marginaliza os valores locais causa rejeição por parte das populações tradicionalmente excluídas, tornando inviável a gestão sustentável dos recursos naturais (Díaz *et al.*, 2018, Pascual *et al.*, 2023). Existem alternativas que permitem guiar a formulação de políticas de gestão sustentável, como por exemplo os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

(ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) que são uma ferramenta potencial para envolver a sociedade civil e reformular as estruturas sociais.

Em conclusão, o papel da formulação de políticas públicas como agente transformador para o desenvolvimento sustentável é fundamental. O fortalecimento de direitos, o fortalecimento de práticas como a agroecologia e o turismo de base comunitária, são alternativas sustentáveis que podem ser consolidadas mediante o reconhecimento e a internalização dos valores diversos da natureza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem ativos ambientais que possuem seus preços negociados nos mercados, para estes o mercado consegue estabelecer através da interação entre a oferta e demanda e um controle ótimo do uso. Entretanto, a maioria dos ativos ambientais não possui esta definição de preços por serem bens públicos e envolverem externalidades em seu uso. Neste sentido a economia ambiental criou uma serie de valores para permitir a comercialização de ativos ambientais no mercado. Destaque-se que o pagamento por um ativo ambiental implica em consciência da importância do meio ambiente. A tomada de consciência dos problemas ambientais pelos indivíduos e valoração dos ativos ambientais pode ser utilizada como base para políticas públicas de preservação ambiental.

A valoração da biodiversidade como alternativa de gestão sustentável dos recursos naturais, é uma abordagem da economia

ecológica que surge como uma evolução natural da valoração do meio ambiente, construída teórica e metodologicamente durante as últimas décadas. Desde o surgimento da economia ambiental até a consolidação da economia ecológica, diversos conceitos e uma abundante variedade de métodos de valoração foram desenvolvidos com o propósito de incluir as externalidades nos processos de produção. No contexto científico atual, o trabalho dos pesquisadores está se aproximando às lutas sociais, visando reconhecer os conhecimentos e práticas das comunidades cujos conhecimentos nunca foram considerados relevantes e podem oferecer alternativas para enfrentar a crise global.

Permitir que essas comunidades definam os critérios e reconheçam os valores dos recursos naturais a partir das suas relações humano-natureza, abre uma janela de oportunidades que permite o fornecimento de informações para a tomada de decisões mais adequada às realidades particulares de cada território. Mediante a proposição de conceitos como as tipologias de valor, as formas de vida, as contribuições da natureza para as pessoas e os valores relacionais, a VPSE procura elucidar valores que os seres humanos percebem a través de suas relações com a natureza, reconhecidos tradicionalmente pela economia ambiental como valores instrumentais.

A VPSE propõe uma mudança transformadora que desafia as atuais estruturas de poder, os interesses econômicos e promove mudanças de paradigma acerca dos direitos das comunidades periféricas, causando conflitos de interesse. Com características transdisciplinares, a proposta está alinhada com os princípios da sustentabilidade, revelando a diversidade de valores da natureza que contribuem para o bem-estar da socie-

dade. Dessa maneira, os tomadores de decisões estão diante de uma proposta participativa que procura envolver no processo de valoração à sociedade e à iniciativa privada, na procura de tomada de decisões construídas com a colaboração de todos os usuários dos recursos naturais.

A proposta de valoração desenvolvida pela IPBES apresenta de maneira sistematizada as técnicas e procedimentos de valoração dos recursos naturais desenvolvidas, fornecendo uma estrutura metodológica detalhada para identificar os valores diversos da natureza e guiar os processos de formulação de políticas. A VPSE é uma alternativa de gestão sustentável que atende as limitações das abordagens convencionais de valoração econômica, e suas limitações no sentido de capturar adequadamente todos os aspectos e benefícios dos serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A; NARAIN, S. A case of environmental colonialism. **Earth Island Journal**, v. 6, n. 2, p. 39-40, 1991.

ALIER J. M.; JUSMET, J. R. **Economía ecológica y política ambiental**. México D.F.: Fondo de Cultura económica, 2015.

ANDERSON, C. B. *et al.* **Chapter 2. Conceptualizing the diverse values of nature and their contributions to people**. (Version 3). Zenodo, 2022.

ARIAS-ARÉVALO, P; MARTÍN-LÓPEZ, B; GÓMEZ-BAGGETHUN, E. Exploring intrinsic, instrumental, and relational values for sustainable management of social-ecological systems. **Ecology and Society**, v. 22, n. 4, 2017.

BALVANERA, *et al.* **Chapter 1: The role of the values of nature and valuation for addressing the biodiversity crisis and navigating towards more just and sustainable futures.** In: Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2022.

BRUNDTLAND, G. H. *et al.* **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development.** Oxford: Oxford University Press, 1987.

CARSON, R. **Silent Spring.** Boston: Houghton Mifflin, 1962.

CHAN, K. M. A. *et al.* "Opinion: Why Protect Nature? Rethinking Values and the Environment." **Proceedings of the National Academy of Sciences** – PNAS v. 113, n. 6, p. 1462-1465, 2016.

CLIFTON, J. *et al.* Falling Inequality in Latin America: The Role of Fiscal Policy. **Journal of Latin American Studies**, v. 52, n. 2, p. 317-341, 2020.

COSTANZA, R. Embodied energy and economic valuation. **Science**, v. 210, n. 4475, p. 1219-1224, 1980.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

DALY, H. E. **Beyond growth: the economics of sustainable development.** Boston: Beacon Press, 1996.

DE GROOT, R. S. *et al.* Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In: **The economics of ecosystems and biodiversity (TEEB): ecological and economic foundations.** Earthscan, Routledge, p. 9-40, 2010.

DÍAZ, S. *et al.* The IPBES Conceptual Framework – connecting nature and people. **Current opinion in environmental sustainability**, v. 14, p. 1-16, 2015.

DÍAZ, S. *et al.* Assessing nature's contributions to people. **Science**, v. 359, n. 6373, p. 270-272, 2018.

DILTHEY, W. **Teoría de las concepciones del mundo**. Revista de occidente S.A., Madrid, 1974.

ENRÍQUEZ, M. A. **Trajetórias do Desenvolvimento: Da ilusão do crescimento ao imperativo da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Garamond. 2010

ESTENSSORO, F. **A geopolítica ambiental global do século 21: os desafios para a América Latina**. Ijuí: Unijuí, 2019.

FERREIRA, N. Os desafios do tempo presente e a colonialidade da natureza. **Fronteiras: Revista Catarinense de História**, n. 36, p. 69-90, 18 dez. 2020.

FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Editora Círculo do Livro, S.A., 1974.

GALEANO, E. **Las venas abiertas de América Latina**. Montevideo: Editora Siglo XXI, 2004.

GEORGESCU-ROEGER, N. **The entropy law and the economic process**. Harvard university press, 1971.

GIRALDO, O. F. El discurso moderno frente al “pachamamismo”: La metáfora de la naturaleza como recurso y el de la Tierra como madre. **Polis. Revista Latinoamericana**, n. 33, 2012.

GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, D.; BALVANERA-LEVY, P. Relevancia de las contribuciones de la IPBES para la valoración plural de la naturaleza en américa latina. In: Rincón Ruiz, A., *et al.* **Hacia una valoración Incluyente y plural de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos: visiones, avances y retos en América Latina**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 43-57, 2022.

GUDYNAS, E. Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes. In: MATARÁN, A.; LÓPEZ, F. **La Tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo**, Universidad de Granada, p. 69-96, 2011.

GUDYNAS, E; ACOSTA, A. La renovación de la crítica al desarrollo y el buen vivir como alternativa. **Utopía y praxis latinoamericana**, v. 16, n. 53, p. 71-83, 2011.

HAINES-YOUNG, R; POTSCHIN, M. Common international classification of ecosystem services (CICES, Version 4.1). **European Environment Agency**, v. 33, p. 107, 2012.

HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science**, v. 162, n. 37, p. 1243-1248, 1968.

IPBES. **The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas**. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, 2018.

IPBES. **Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. The methodological assessment report on The Diverse Values and Valuation of Nature: Summary for Policymakers, 2022.

JACOBS, S. *et al.* A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. **Ecosystem services**, v. 22, p. 213-220, 2016.

KRENAK, A. *et al.* **Território e cidadania**: da luta pela terra ao direito à vida. São Paulo: Marco Zero, 1989.

LEFF, E. **Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable**. s/f). [En línea]. Disponível: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/leff08.pdf>, 1994.

MAY, P. **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2010.

MEA. (Millennium Ecosystem Assessment). **Ecosystems and human well-being**: a framework for assessment. United States of America: Island Press, 2003.

MEA. (Millennium Ecosystem Assessment). **Ecosystems and human well-being**: synthesis. United States of America: Island press, 2005.

MURACA, B. The map of moral significance: A new axiological matrix for environmental ethics. **Environmental Values**, v. 20, n. 3, p. 375-396, 2011.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015.

MEADOWS, D. H. *et al.* **The limits to growth**. New York: Universe Books, 1972.

MISTRY, J; BERARDI, A. Bridging indigenous and scientific knowledge. **Science**, v. 352, n. 6291, p. 1274-1275, 2016.

MOTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/ PNUD/ CNPq, 1997.

PADGURSCHI, G; JOLY, C. Brief history of the Brazilian platform on biodiversity and ecosystem services/BPBES. **Biota Neotropica**, v. 17, 2017.

PASCUAL, U. *et al.* **Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach**. Current opinion in environmental sustainability, v. 26, p. 7-16, 2017.

PASCUAL, *et al.* Diverse values of nature for sustainability. **Nature**, p. 1-11, 2023.

QUIJANO, A. Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. In: LANDER, E. (org.). **La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas**. Buenos Aires: CLACSO, 2000. p. 201-246.

RIECHERS, M. *et al.* Reviewing relational values for future research: insights from the coast. **Ecology and Society**, v. 27, n. 4, p. 44, 2022.

RINCÓN-RUIZ, A.; ECHEVERRY-DUQUE, M.; PIÑEROS, A. M.; TAPIA, C. H.; DAVID, A.; ARIAS-ARÉVALO, P.; ZULUAGA, P. A. **Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: Aspectos conceptuales y metodológicos**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C. Colombia, 151 pp, 2014.

RINCÓN-RUIZ, A. **Integrated valuation biodiversity ecosystem services: Conceptual and methodological aspects**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH), 2015.

RINCÓN-RUIZ, A. *et al.* Applying integrated valuation of ecosystem services in Latin America: Insights from 21 case studies. **Ecosystem Services**, v. 36, p. 100901, 2019.

SACHS, I. "Ambiente y Estilo de Desenvolvimento". **Comercio Exterior**, XXIV, p. 360-368, 1974.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2002.

SCARANO, R. *et al.* Increasing effectiveness of the science-policy interface in the socioecological arena in Brazil. **Biological Conservation**, v. 240, p. 108227, 2019.

SCHUMACHERS, E. F.; STANDPUNKT, S. C. **Small is beautiful**. Ed. Blond & Briggs, 1973.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **The quarterly journal of economics**, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

TEEB. Biodiversity, ecosystems and ecosystem services. In: **The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations**. Ed. P Kumar, p. 4-63, 2010.

UN. United Nations. **Convention on biological diversity**. Treaty Collection, 1992.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Declaration, Stockholm. Declaration of the United Nations conference on the human environment**. 1972. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2013/12/estocolmo_mma.pdf. Acesso em: 19 de maio de 2023

UNEP; IPBES. **Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Report of the first session of the Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2013. In: https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/IPBES_1_12_En_0.pdf

UNEP; IPBES. **Preliminary guide regarding diverse conceptualization of multiple values of nature and its benefits, including biodiversity and ecosystem functions and services**

(deliverable 3(d)). Report of the Fourth Session of the Plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2015. In: https://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/IPBES-4-INF-13_EN.pdf

SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

Alexander Rincón Ruíz

alrinconru@unal.edu.co

Professor Universidad Nacional (Colômbia)

Economista da Universidade Nacional de Colômbia, mestre em economia agrária, doutor em economia ecológica da Universidade Autônoma de Barcelona (tese “*cum Laude*” e menção “*doctor europeus*”) e pesquisador doutoral visitante da Universidad de Cambridge (Department of land Economy). Atuou como coordenador técnico da Iniciativa Latino América e Caribenha para o desenvolvimento sustentável (ILAC – Colombia), pesquisador por Colombia da Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment – MEA). Foi pesquisador de doutorado do Instituto de Ciência e Tecnologia Ambiental em Barcelona, onde realizou pesquisa sobre conflitos ambientais em áreas rurais associadas a cultivos de uso ilícito. Liderou a linha de pesquisa de valoração integral da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos no Instituto de pesquisa Alexander von Humboldt. Atualmente é professor vinculado à escola de economia da Universidade Nacional de Colombia e lidera o capítulo sul-americano do Ecosystem Services Partnership – ESP.

Ana Beatriz Moura Reis

anamoura9829@gmail.com

Egresso UFPB

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pela UFPB. Possui experiência em projetos de ensino, pesquisa e extensão. Atualmente estagia de forma voluntária na Coleção Herpetológica da UFPB e é Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Suas áreas de interesse são: Herpetologia e Ecologia.

André Luiz Queiroga Reis

andre_queiroga@yahoo.com.br

Egresso PRODEMA UFPB

Químico, mestre e doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFPB, na área de Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Técnico de Laboratório da Universidade Federal da Paraíba. Experiência em instrumentação e aparelhagem em laboratórios de química e gerenciamento de laboratórios e trabalhos de campo, bem como na atuação nos seguintes temas relacionados à Gestão Química de Qualidade, Segurança Alimentar e Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Tratamento de Águas e Efluentes e Riscos Ambientais. Atualmente desenvolvendo pesquisas voltadas para sustentabilidade urbana, recuperação de rios urbanos e ecossistemas costeiros e urbanos e aplicação metodológica de índices e indicadores de sustentabilidade nas cidades, recursos hídricos e minerais. Estágio de Pós doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Defesa (PGED) do Instituto Militar de Engenharia (IME) no Rio de Janeiro.

Bartolomeu Israel de Souza

bartolomeuisrael@gmail.com

Professor UFPB

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (1995), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (1999), Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008) e Pós-doutorado em Biogeografia pela Universidad de Sevilla - Espanha (2013 e 2021). É professor associado da Universidade Federal da Paraíba, estando lotado no Departamento de Geociências. É pesquisador do CNPq. Leciona nos cursos de graduação em Geografia, Biologia e Engenharia Ambiental e na pós-graduação (Mestrado e Doutorado) em Geografia e Programa Regional de Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)/UFPB. Tem experiência na área de Geografia Física e Meio Ambiente, atuando

principalmente nos seguintes temas: desertificação, manejo dos solos, relação planta x microclima x solo e Biogeografia de caatinga.

Carlos Isaza Valencia

carlos0isaza@gmail.com

Doutorando UFPB

Mestre do Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal da Paraíba UFPB (2021). Possui graduação em Contabilidade pela Universidad del Valle (2012) na Colômbia. Título de graduação em Ciências Contábeis revalidado pela Universidade Federal da Paraíba UFPB. (2021). Atuou como professor-bolsista no Programa Qualifica Mais Progredir da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atualmente realiza doutorado no PRODEMA. Pesquisa sobre Valoração Ambiental, Economia Ecológica, Serviços Ecossistêmicos, Economia Solidária, Turismo de Base Comunitária, Comunidades Tradicionais. Revisor da revista científica Environmental Smoke (Qualis B1).

Danielly Vasconcelos Travassos de Lima

daniellytravassos@gmail.com

Doutoranda UFPB

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPB). Graduada em Nutrição pela Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba (2008). MBA em Gestão da Qualidade na Produção de Alimentos. Especialista em Ciências e Tecnologia de Alimentos. Técnica de Laboratório na área de alimentos na UFPB. Professora Laureada pela Faculdade Internacional da Paraíba no ano de 2017. Tem experiência na área de Nutrição, com ênfase em produção e qualidade de alimentos, gestão de custos, técnica dietética e higiene na produção de alimentos. Atualmente é Doutoranda no Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da rede (PRODEMA) (UFPB – UFC – UFPI – UFRN – UFPR – UFS – UESC).

Denise Dias da Cruz

denidcruz@dse.ufpb.br

Professora UFPB

Possui graduação em Ciências Biológicas (2000), mestrado (2003) e doutorado (2007) em Ecologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. É professora associada do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba, ministrando disciplinas na área de Ecologia na graduação e na Pós Graduação (Prodema – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente). É editora da Gaia Scientia. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia Vegetal, atuando com fenologia, biologia reprodutiva, polinização, interação animal/ planta, Etnobotânica (investigando uso de plantas por comunidades tradicionais) e Ecologia da Paisagem.

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

eduvianalima@gmail.com

Professor UFPB

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB (1984), Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (1990), Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP (Rio Claro) (2000) e fez Pós-Doutorado na Universidade de Sevilla – Espanha. Consultor ‘ad hoc’ de agências de fomento, revisor de diversos periódicos científicos, professor titular da Universidade Federal da Paraíba, Vice-coordenador do Núcleo de Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável (NPDS-UFPB), Coordenador do Doutorado do PRODEMA/ UFPB e pesquisador do CNPq. Tem experiência na área de Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: geoprocessamento, desertificação, sensoriamento remoto, ordenamento territorial, planejamento ambiental e indicadores.

Erickson Melo de Albuquerque

erickson.albuquerque@ifpb.edu.br

Professor IFPB

Tecnólogo em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB (2012), Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (2014), Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB (2022), Professor de Geoprocessamento no Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IFPB, Câmpus Princesa Isabel, onde leciona para os Cursos Superiores de Tecnologia em Gestão Ambiental e Licenciatura em Ciências Biológicas as disciplinas de Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica, Interpolação Espacial e Estratégias de Educação Ambiental; para o Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Meio Ambiente a disciplina de Geoprocessamento; e para o Curso de Especialização em Gestão Ambiental de Municípios a disciplina de Geoprocessamento Aplicado aos Estudos Ambientais. Possui experiência em análise geoespacial, modelagem agrometeorológica, mapeamento colaborativo e processamento digital de imagens.

Francisco Alexandre Queiroga Reis

arboreto@hotmail.com

Membro Externo - IFPA

Mestrando em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Especialista em Gestão de Recursos Agroflorestais Amazônicos (UFPA). Extensionista Rural I/Engenheiro Agrônomo (UFRPE) da Empresa de Assistência técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER-PA). Atua principalmente com os temas da Extensão rural na Amazônia, Agricultura familiar, Gestão de Recursos Agroflorestais e Naturais, Desenvolvimento Rural Sustentável Local, Fruticultura, Políticas Públicas, Cadastro Ambiental Rural, Agroecologia, Agrossilvicultura, Agrofloresta, Permacultura, Compostagem, Minhocultura

e Controle e Combate à Incêndios Florestais, Avaliação de Imóveis Rurais e também atua com a Educação da Pedagogia da Alternância.

Francisco Resende de Albuquerque

francisco.resende@ufape.edu.br

Professor UFape

Licenciado e Bacharel em Química (UFPE), Mestre em Físico-Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com graduação em Direito (Bacharelado) pela Autarquia de Ensino Superior de Garanhuns (AESGA) e pós-graduado (Especialização) em Direito Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Atualmente é Membro do Conselho municipal de Defesa do Meio Ambiente (CODEMA) em Garanhuns-PE, professor adjunto na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFape), no curso de Engenharia de Alimentos, e cursa pós-graduação na REDE Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) na UFPB.

Gabriel Henrique Palmeira da Silva

gabriel@ctagua.com

Membro Externo

Gestor Ambiental pelo Centro Universitário de João Pessoa UNIPÊ, pós-graduando em Microbiologia Ambiental pela Faculdade Unyleya, e credenciado pelo Conselho Regional de Química. Há 6 anos atuo na área de meio ambiente, de 2017 – 2020 na TDA Serviços de tratamento de água, como assistente administrativo e também exercendo funções de operador de ETA (estação de tratamento de água), e atualmente Supervisor de Controle de Qualidade na CONSTA Análise de água.

George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

mirandag@dse.ufpb.br

Professor UFPB

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba (1989), Mestre em Ecologia pela Universidade de São Paulo (2000) e

Doutor em Oceanografia pela UFPE (2010). Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência nas áreas de Botânica e Ecologia, com ênfase em Ficologia, atuando principalmente nas seguintes áreas: Cultivo de macroalgas marinhas, Ecologia de macroalgas, Gestão de Áreas Marinhas Protegidas, Comunidades macrofitobênticas; produtos naturais de algas marinhas. Coordena o Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UFPB.

Joel Silva dos Santos

joelgrafia.santos@gmail.com

Professor UFPB

Bacharel e Licenciado em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba (PRODEMA/UFPB); Doutor em Recursos Naturais pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (PPGRN/UFCG). Exerceu o cargo de professor no curso de Gestão Ambiental da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e do curso de Ecologia da UFPB/Campus IV. Atualmente é professor associado na UFPB/Campus I, vinculado ao Departamento de Geociências do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (DGEOC/CCEN/UFPB), professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPB), e Coordenador do Laboratório e Oficina de Geografia da Paraíba/LOGEPA/UFPB. Tem experiência nas áreas de geografia e ciências ambientais atuando nas linhas temáticas: Ecologia Política e Epistemologia da Ciência Geográfica; Áreas Verdes Urbanas e Serviços Ecosistêmicos; Climatologia Urbana e Bioclimatologia Humana.

Josean da Silva

josean@ctagua.com

Egresso do PPGBio/UEPB

Pesquisador-extensionista. Sua formação contempla estudos técnicos em agroindústria pelo Colégio Agrícola Vidal de Negreiros do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, licenciatura em Ciências Biológicas com pós-graduação em Auditoria e Perícia Ambiental e, atualmente, desenvolve sua pesquisa de mestrado no Programa de Pós-graduação em Biodiversidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Advogado ambientalista, mestrado em Política Social pelo Programa de Pós-graduação em Serviço Social do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal da Paraíba. No âmbito público, foi coordenador municipal de Meio ambiente, Ciência e Tecnologia de Bayeux/PB e professor efetivo na Faculdade Ciências Humanas do Sertão Central de Pernambuco, responsável técnico da Estação de Tratamento de Efluentes e a Estação de Tratamento de Água da AMBEV; responsável técnico da TdA Tratamento de Água Ltda e foi responsável técnico da CONSTA Serviço de Análise de Água Ltda.

Josicleide de Amorim Pereira Moreira

josicleideamorim@gmail.com

Professora UFAL

Pós-doutorado no Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, é doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, com mestrado em Gestão de Organizações Aprendentes e é bacharela em Ciências Contábeis e em Administração. Desenvolveu um sistema de indicadores de sustentabilidade empresarial para o setor sucroenergético. É professora adjunta da Universidade Federal de Alagoas, unidade educacional Santana do Ipanema.

Márcia Batista da Fonseca

mbf.marcia@gmail.com

Professora UFPB

Doutorado em Economia Internacional, Universidade de Ghent, Bélgica (2011). Doutora em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco (2004). Mestre em Economia pela Universidade Federal da Paraíba (1999). Graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal da Paraíba (1995). Tem experiência na área de Finanças, Economia do Setor Público; Avaliação de Políticas Públicas de Programas Socioambientais, Inovação Social e Governança Democrática na construção de Bioeconomias Sustentáveis e Valoração Ambiental. Foi Coordenadora Geral de Acompanhamento e Avaliação dos Cursos de Pós-Graduação da UFPB (2017-2020). Tem experiência com Educação a Distância, coordenou três ofertas em EaD do Curso de Especialização em Gestão Pública Municipal no Departamento de Economia da UFPB (2010-2019) e atua como coordenadora de tutoria da Universidade Aberta do Brasil.

Maria Elisa Zanella

elisazv@terra.com.br

Professora UFC

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (1987), mestrado em Organização do Espaço pela Universidade Estadual Paulista Rio Claro (1992) e doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná (2006). Participou como Bolsista de Estudos no Exterior na modalidade Docente no âmbito do Programa de Cooperação Internacional CAPES/AULP (2015) e também foi pesquisadora Pq do CNPq. Atualmente é professora da graduação e pós-graduação em Geografia e da REDE PRODEMA na Universidade Federal do Ceará (UFC). É Coordenadora do Doutorado do PRODEMA (Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente- UFC) e tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Climatologia Geográfica e Meio Ambiente, atuando principalmente nos seguintes

temas: climatologia urbana, clima e saúde, eventos extremos, impactos pluviiais, risco e vulnerabilidade.

Milena Almeida Vaz

myllenavaz@gmail.com

Doutoranda UFPB

Possui Bacharelado em Ciências Agrônômicas (2013) pela Universidade Estadual do Piauí, mestrado em Ciências Agrárias com concentração em Agroecologia (2015) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB campus Bananeiras). Doutoranda do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba (UFPB campus João Pessoa) Membro fundadora do grupo de pesquisa em Agroecologia do norte do Piauí (CAJUÍ). Atua na área de agroecologia, agricultura familiar, ecologia da paisagem e sua relação com os polinizadores no bioma Caatinga.

Renan Aversari Câmara

a.c.renan@gmail.com

Doutorando UFPB

Possui graduação em Física pela Universidade Federal da Paraíba (2021), graduação em Direito pelo Instituto Paraibano de Ensino Renovado (2009) e mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (2016). Atualmente é doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de Física e Meio Ambiente, com ênfase em instrumentação científica.

Tamaris Gimenez Pinheiro

tamarisgimenez@ufpi.edu.br

Professora UFPI

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso, mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso

e doutorado em Ciências Biológicas - Área Zoologia, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Campus de Rio Claro, São Paulo. Professora efetiva do curso de Licenciatura em Educação do Campo, Ciências da Natureza, da Universidade Federal do Piauí, campus Senador Helvídio Nunes de Barros, desenvolvendo pesquisas em ecologia e parasitologia de moluscos do semiárido, ensino de Ciências da Natureza e Zoologia, além de coordenar projetos de extensão voltados para o fortalecimento da agricultura familiar e melhoria do ensino de Ciências da Natureza.

Tânia Maria de Andrade

tania.andrade@ifpb.edu.br

Professora IFPB

Doutora em Recursos Naturais (UFCG). Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA (UFPB). Especialista em Educação na área de Ciências Biológicas (UFC). Licenciada em Ciências Biológicas (URNE). Professora aposentada do Instituto Federal da Paraíba. Pesquisadora nas áreas de Resiliência Socioecológica, Sustentabilidade, Gestão Ambiental e Povos Indígenas.

Viviane dos Santos Sousa

vivisousa23@hotmail.com

Doutoranda UFPB

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) /UFPB. Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA (UFPB). Especialista em Desenvolvimento Sustentável – UFPB. Especialista em Sociologia – Estácio de Sá. Possui graduação em Gestão Ambiental pelo IFPB e possui graduação de licenciatura em Geografia pela Uniasselvi. Pesquisadora nas áreas de Resiliência Socioecológica, Sustentabilidade, Gestão Ambiental e Povos Indígenas.



Título DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:
ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES

Organizadores Eduardo Rodrigues Viana de Lima
André Luiz Queiroga Reis
Carlos Isaza Valencia
Joel Silva dos Santos

Projeto de diagramação e Capa Mônica Câmara

Imagem de Capa Freepik

Formato e-book (PDF – 16x22 cm)

Tipografias Swis721
Myriad Pro

Número de páginas 255

EU