

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME V



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

5ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

5ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238B Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

204 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl769

ISBN: 978-65-5367-357-1

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. agricultura 2. pecuária 3. sustentabilidade 4. biodiversidade I. Barbosa, Frederico Celestino II.
Título

CDU: 577

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl769>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2023

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
MANDIOCA: APROVEITAMENTO INTEGRAL E SUA IMPORTÂNCIA ALIMENTAR E SOCIOECONÔMICA	
Pâmella Fronza	
Juliana Santos Moura Nunes	
Annanda Carvalho dos Santos	
DOI 10.37423/230707965	
CAPÍTULO 2	26
LEAF HERBIVORY AND PHYSICAL DEFENSIVE LEAF TRAITS IN TWO CONTRASTING CERRADO HABITATS	
Jhonathan de Oliveira Silva	
DOI 10.37423/230707970	
CAPÍTULO 3	39
DIVERSIDADE DE BORBOLETAS FRUGÍVORAS (NYMPHALIDAE) NA PORÇÃO SETENTRIONAL DA CADEIA DO ESPINHAÇO	
Gabriela de Araújo Silva	
Jhonathan de Oliveira Silva	
Manoel Victor Evangelista de Morgado	
Uriel de Jesus Araujo Pinto	
Bianca Santana Dias Nascimento	
Ivan Santos Teixeira	
DOI 10.37423/230707973	
CAPÍTULO 4	62
FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA ÁGUA DE COCO NA PÓS COLHEITA E AS NOVAS TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NA SUA CONSERVAÇÃO.	
Tânia da Silva Siqueira	
Paulo Álvaro Brasilino Brasileiro	
Mateus Ferreira Andrade	
Maria Jucélia Pereira de Sousa	
José Edson da Silva Farias	
Carla Rafaelly Barbosa Santos	
Maria Maria Wilma Pereira Alves Pereira Alves	
Márcia Bruna Marim de Moura	
Luzia Micaele Alves Barbosa	
Naiza Izabela de Barros Santos Nogueira	
DOI 10.37423/230707987	

CAPÍTULO 5	73
LOCALIZAÇÃO REMOTA, CLASSIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS EROSÕES NO CINTURÃO VERDE DE ILHA SOLTEIRA	
Adriano Souza	
Pedro Afonso França Souza	
Almerinda Keila de Oliveira da Silva	
DOI 10.37423/230707992	
CAPÍTULO 6	88
GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA COMUNIDADE RURAL CURRAL NOVO, EM SÃO JOSÉ DE MIPIBU-RN	
Maria Juliana de Goes Cortes	
Rômulo Wilker Neri de Andrade	
DOI 10.37423/230707995	
CAPÍTULO 7	109
PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE MILHO SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO	
Mateus Ferreira Andrade	
Tânia da Silva Siqueira	
Neurisvaldo dos Santos Alves	
Jéssica da Silva Xavier	
Pedro Henrique da Silva Nascimento	
Tiago dos Santos Cabral	
Douglas Nogueira Lima	
Jaison José da Silva	
Évio Alves Galindo	
Josimar Bento Simplício	
DOI 10.37423/230707996	
CAPÍTULO 8	120
ANÁLISE DE UM MODELO PARA OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	
Alexandre Morelli Alves de Oliveira	
Ana Raquel Faccioli	
Letícia Maria Miquelin	
Edilaine Martins Soler	
DOI 10.37423/230708000	
CAPÍTULO 9	134
URBANIZAÇÃO E AGRICULTURA URBANA:AS RELAÇÕES URBANO/RURAL POSSÍVEIS.	
Helder dos Anjos Augusto	
CRISTH ELLEN FERREIRA PINHEIRO	
DOI 10.37423/230708013	

CAPÍTULO 10 152

USINAS FOTOVOLTAICAS: ESTUDO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS E
INDICAÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS PARA AS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS ADVERSAS

Juliana Souza de Carvalho

Fábio Souto de Almeida

DOI 10.37423/230708024

CAPÍTULO 11 188

ASPECTOS E DISCUSSÕES SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

Vanderlei Marinheski

DOI 10.37423/230708042

Capítulo 1



10.37423/230707965

MANDIOCA: APROVEITAMENTO INTEGRAL E SUA IMPORTÂNCIA ALIMENTAR E SOCIOECONÔMICA

Pâmella Fronza

Universidade Federal de Minas Gerais

Juliana Santos Moura Nunes

*Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia do Tocantins*

Annanda Carvalho dos Santos

Instituto Federal do Maranhão



Resumo: A mandioca vem sendo amplamente estudada devido sua popularidade e composição energética, sendo o principal alimento em alguns países, além dessa importância alimentar, a mandioca também apresenta importância socioeconômica. Dessa matéria-prima tudo pode ser aproveitado, dando oportunidades à indústria de alimentos aliar conhecimento empírico e dados obtidos pela comunidade científica para buscar estratégias de produção e comercialização de novos produtos. Nesse sentido, buscamos trazer uma compilação sobre a composição e processamento da mandioca e seus subprodutos apresentando estudos com possíveis aplicações.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz; amido; composição energética; farinha de mandioca.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é considerada um alimento básico, porém importante na dieta de inúmeras famílias, tendo em vista que, suas raízes produzem o amido, considerado fonte de energia, além de fornecer renda, principalmente, nas zonas de agricultura tropical (SONNEWALD et al., 2020).

A África, Ásia e América do Sul são os principais produtores de mandioca, Na América do Sul, o Brasil lidera a produção, enquanto que na Ásia é a Tailândia e na África a Nigéria, essa produção é de suma importância para economia desses países, principalmente, na África (Nigéria), onde as raízes atuam como alimento básico e essencial para mais de 180 milhões de Nigerianos (FAOSTAT, 2020; OKWUONU et al., 2021). Da mandioca, tudo pode ser aproveitado, das raízes a fécula é extraída, dando origem a subprodutos como farinha de mandioca e farinha de tapioca. Dessa produção temos a origem da manipueira, um líquido amarelado, que por sua vez, após cocção origina o “tucupi”, caldo muito importante para preparo de pratos regionais no Norte do Brasil. Das folhas, após cozimento obtêm-se a maniva, que juntamente com outros ingredientes compõe a “maniçoba” que também é um prato regional, apreciado no estado do Pará. Por fim, temos os resíduos de mandioca, sendo aproveitados na alimentação animal, e alguns achados mostram seu potencial para aplicação na produção de bioplásticos (VERSINO; LÓPEZ; GARCÍA, 2015). A composição química desses produtos podem variar, mas de forma geral, são interessantes fontes de carboidratos, vitaminas, minerais e princípios ativos (BATISTA et al., 2020; CHISTÉ et al., 2012; DUDU et al., 2019; KIMURA et al., 2007; KUBO; KADLA, 2005; LEHALLE et al., 2019; MONTAGNAC; DAVIS; TANUMIHARDJO, 2009; OLIVEIRA et al., 2020). Motivo pelo qual ocorre aproveitamento integral dessa matriz. Nessa revisão, procuramos abordar os aspectos relacionados a cadeia produtiva e subprodutos da mandioca, objetivando elucidar a importância alimentar e socioeconômica. Discutimos a composição e processamento da mandioca e seus subprodutos e apresentamos as potenciais aplicações para área de embalagens. Acreditamos que a leitura dessa compilação possa nortear futuros trabalhos, bem como, a indústria alimentar na produção de novos produtos com maior valor agregado e/ou vida de prateleira estendida.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esse trabalho teve como propósito discorrer sobre a mandioca e seu aproveitamento integral, ressaltando sua importância alimentar e socioeconômica. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema. As principais fontes de consulta consistiram em trabalhos nos quais a

mandioca era o tema principal. Foram consultados trabalhos científicos publicados desde o ano de 2003 até 2021 (ano de publicação desse estudo), priorizando os mais recentes, todos os artigos foram consultados nas seguintes bases de dados: Google Scholar, PubMed e ScienceDirect e Engineering Village – Elsevier.

BASE TEÓRICA

CADEIA PRODUTIVA DA MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) pertence à família das *euforbiáceas*, nativa da América do Sul, amplamente cultivada em países tropicais e subtropicais e no Brasil destaca-se por ser considerada uma matéria-prima barata, sendo base na alimentação de muitas famílias, especialmente por ser fonte de carboidratos (CLEMENT et al., 2010; GROXKO, 2017; LEITE; ZANON; MENEGALLI, 2017).

Segundo Coelho (2018), existem cerca de sete mil variedades de mandioca, todavia, basicamente duas são conhecidas, onde estão relacionadas com a sua toxicidade: a “brava” com uma concentração alta de ácido cianídrico com valores acima de 100 mg HCN/Kg (Chisté e Cohen, 2008) sensorialmente é amarga, sendo considerada imprópria para o consumo imediato, necessitando de processamento para transformá-la em farinha ou fécula; e a “mansa” que é conhecida como aipim ou macaxeira, apresentando-se como própria para consumo, com pouco processamento, apresentando valores abaixo de 50mg HCN/Kg de ácido cianídrico (CHISTÉ & COHEN, 2008).

A produção dessas raízes é liderada pela África, Ásia e América do Sul. O Quadro 1 apresenta os dados referentes a essa produção no ano de 2018.

Quadro 1- Produção mundial de mandioca em raiz, nos principais Países

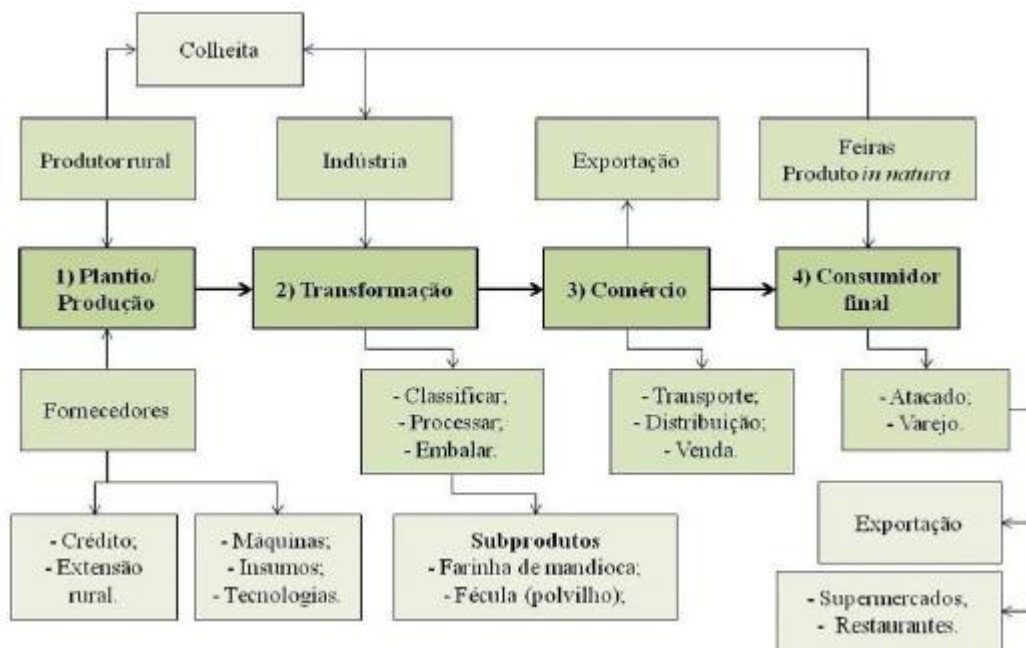
Países	2018- Toneladas
África	
Nigéria	59,4
Congo	1,4
Gana	20,8
Ásia	
Tailândia	31,6
Indonésia	16,1
América do Sul	
Brasil	17,6

Fonte: FAOSTAT (2020).

No Brasil, conforme descreve o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE em sua última atualização (março de 2019), a estimativa de produção brasileira da raiz de mandioca para o ano corrente é de 20,5 milhões de toneladas, valores inferiores quando comparados com o ano de 2018. O IBGE pontua sobre as regiões que lideram a produção de mandioca nos últimos cinco anos, dentre elas estão a região Norte seguido do Nordeste, sendo este, a região em que há mais consumidores dessa matéria-prima.

A produção de mandioca é caracterizada por uma cadeia simplificada a qual está apresentada na Figura 1.

Figura 1- Cadeia produtiva de mandioca.



Fonte: Berwanger (2018).

Por meio do fluxograma é possível observar que poucos são os subprodutos gerados para consumo humano, que apresentam escala industrial. Todavia, como apontado anteriormente é uma matéria-prima com produção significativa, o que mostra sua importância econômica e social.

Nessa perspectiva, não foram encontrados, até o presente momento, dados específicos relacionados à aspectos sociais da produção de mandioca. Porém, um estudo realizado na Tailândia, um dos principais produtores de mandioca, mostrou que a geração de renda na fase agrícola representou 30-45% da renda em toda a cadeia de abastecimento, além disso, os autores relatam que a geração de emprego e renda no cultivo de mandioca voltado para produção de bioetanol é de 15 a 18 vezes melhor quando comparado com emprego e renda na produção de gasolina (PAPONG et al., 2017).

Cabe ressaltar que, esse cenário pode sofrer variações em função de mercado, bem como, das condições climáticas. A situação da pandemia do novo Coronavírus (COVID-19), por exemplo, fez cair o processamento da raiz de mandioca para farinha e fécula do mês de março a maio de 2020, provavelmente em função do isolamento social. Ressalta-se que a retomada é a curto prazo, tendo em vista as especificidades da mandioca, além disso, em algumas regiões como é o caso do nordeste, a farinha de mandioca é procurada para substituir outros alimentos mais caros, como a proteína animal (COÊLHO e XIMENES, 2020).

VALOR NUTRICIONAL

A mandioca é cultivada em áreas tropicais e subtropicais, nas quais muitas pessoas sofrem com a subnutrição, nesse sentido, essa matéria-prima caracteriza-se como importante fonte alimentar, em especial, nos países em desenvolvimento. Essa importância vem, em especial, do seu valor energético. As raízes de mandioca são interessante fonte de energia, enquanto que suas folhas apresentam proteínas, vitaminas e minerais (MONTAGNAC; DAVIS; TANUMIHARDJO, 2009).

Cinco genótipos de mandioca (farinha) foram avaliados, onde foi observado diferentes valores para os conteúdos de composição centesimal. Valores entre 9,2 a 12,3 % foram observados para umidade; 1,2% a 1,8% para o conteúdo proteico; 0,1% a 0,4% de lipídeos, 1,5% a 3,5% de fibra bruta; 1,3% a 2,8% de cinzas e 80,1% a 86,3% para carboidratos. Além desses resultados, também foram observados que K (324 a 554 mg g⁻¹), P (121 a 153 mg g⁻¹) e Ca (136 a 369 mg g⁻¹) foram os minerais predominantes (CHARLES; SRIROTH; HUANG, 2005).

Os tubérculos de mandioca também foram estudados e representam interessantes fontes de água, carboidratos, vitaminas A, C e E, além de minerais importantes para a manutenção e crescimento dos tecidos do corpo (EBUEHI; BABALOLA e AHMED, 2006).

APROVEITAMENTO INTEGRAL

FÉCULA DE MANDIOCA

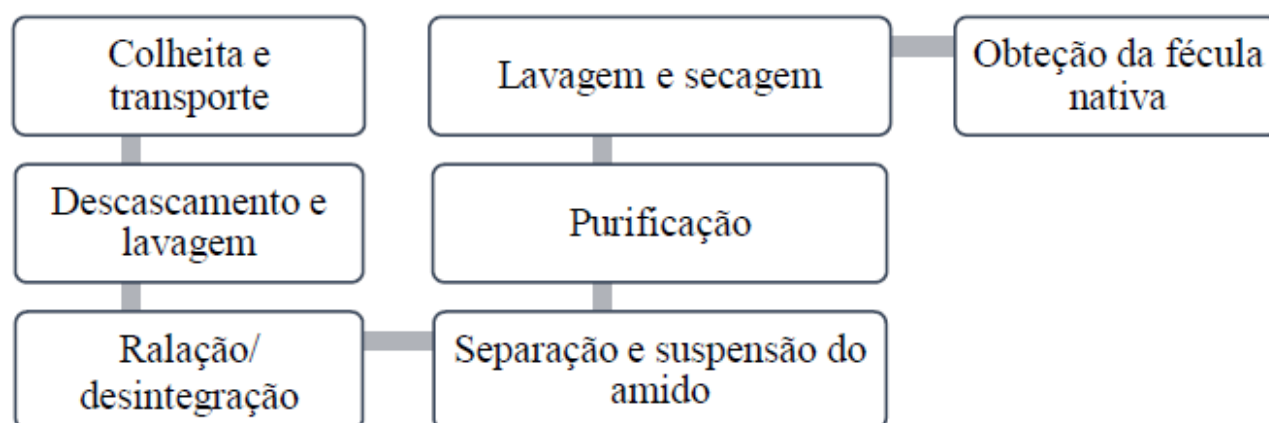
O amido é um ingrediente usado mundialmente visando fornecer características sensoriais adequadas, tem como função principal, fornecer crocância ou maciez aos serem inseridos como ingredientes em preparações alimentícias (VILPOUX; BRITO; CEREDA, 2018).

Após um processo de extração e purificação, o amido é finalmente caracterizado como um pó branco fino, insolúvel em água fria, álcool, éter e outros solventes, porém solúvel em dimetil sulfóxido. Quimicamente pode apresentar umidade variando entre 10% e 15% de umidade, e outros constituintes como lipídeos, proteínas e cinzas devem ter valores inferiores 1,5-2,0%. O amido puro é formado por monômeros de glicose ligados por ligações glicosídicas. Essas ligações podem dar-se com poucos pontos de ramificação formando a molécula de amilose ou por ligações que formam uma estrutura ramificada, a chamada amilopectina. É uma matriz que pode ser produzida tanto pela agricultura convencional quanto familiar, sendo que as principais fontes são cereais, como o milho,

tubérculos e raízes, como batata e mandioca, que dependendo do caso, podem ser denominada de amido ou fécula (SCHMIELE; SAMPAIO; PEDROSA SILVA CLERICI, 2018).

A diferença entre amido e fécula está na parte vegetal extraída, os amidos são oriundos das partes aéreas, enquanto que a fécula é a fração amilácea originária de raízes e tubérculos (BRASIL, 2005). A obtenção da fécula oriunda da raiz de mandioca segue basicamente as mesmas etapas de obtenção da farinha. A Figura 3 apresenta esse processo.

Figura 3- Fluxograma das etapas de obtenção da fécula de mandioca nativa



Fonte: Ladeira e Pena (2011) com adaptações

A fécula de mandioca é comumente denominada de polvilho, sensorialmente é fina, de coloração branca, inodora e insípida (MAEDA; CEREDA, 2001; SILVA et al., 2013).

Segundo Ladeira e Pena (2011), se a fécula for submetida a um processo fermentativo natural, com variação nas condições de tempo e local, ou enzimas microbianas, são produzidos ácidos orgânicos, dessa forma um novo produto é obtido; a fécula fermentada, mais conhecida como polvilho azedo.

Com relação a sua composição centesimal, a fécula de mandioca foi avaliada por Alves et al. (2007), que verificaram 0,22% de cinzas, 0,28% de proteínas, 0,11% de fração lipídica e 99,39% de carboidratos. A fécula de mandioca também foi avaliado por Dudu et al. (2019), que encontraram 0,74% de fibra e 0,66% de cinzas. Essas diferença podem ser decorrentes do tipo de raiz estudada, época de plantio e colheita entre outros fatores. Além dos constituintes comuns da composição centesimal, a fécula de mandioca apresenta em sua estrutura, de 20-30% de amilose e 70-80% de amilopectina (BAJAJ et al., 2018).

Os teores normais de amilose são determinantes para o sucesso da aplicação da fécula como matéria-prima, uma vez que ao ser utilizada poderá originar produtos com características desejadas, tais como:

maior cristalinidade, solubilidade, poder de inchamento, formação de géis mais fortes e resistentes ao cisalhamento, bem como, maior viscosidade (ZHU; HAO, 2019).

FARINHA DE MANDIOCA

Entre as diversas formas para aproveitar a raiz de mandioca, a farinha destaca-se como principal sendo importante na mesa da maioria dos consumidores brasileiros. Geralmente, é produzida “artesanalmente” em casas de farinha, onde é posteriormente comercializada em feiras e pequenos comércios. Esse comportamento mostra, em especial, uma atividade rústica e como consequência sua importância econômica e social.

Na região Norte, por exemplo, a produção da farinha é uma das atividades mais significativas, servindo tanto para consumo quanto para comercialização, tornando-se fonte de renda para muitas famílias. Os filhos dos agricultores conhecem o ofício desde muito cedo, e a partir da observação de seus pais, aprendem sobre plantio, colheita, transporte e casas de farinha, que como pontuado anteriormente é na grande maioria, de produção artesanal (PEREIRA; ROCHA; FORMIGOSA, 2020). Todavia, é importante ressaltar que empresas com porte maior também atuam nesse mercado.

De forma geral, a produção da farinha consiste em algumas etapas, entre elas o preparo do solo, plantio, colheita, descasque, lavagem, trituração, lavagem da massa, prensagem, peneiração da massa, torração, peneiramento da farinha, resfriamento e acondicionamento (VIZOLLI; SANTOS; MACHADO, 2012). A Figura 2 apresenta o produto final.

Figura 2- Farinha de mandioca pronta para o consumo.



Fonte: Autoria própria (2021).

Estudos recentes apontam que o processamento de mandioca pode afetar o valor nutricional por meio de modificação ou perdas de nutrientes e que os produtores ainda não exploraram totalmente seu potencial em termos de melhoria de meios de subsistência, sendo que uma alternativa interessante é o enriquecimento das raízes com β -caroteno, que pode promover benefícios de boas funcionalidades químicas, que conseqüentemente podem ter aplicação em diversos produtos alimentícios (ALAMU; MAZIYA-DIXON; DIXON, 2017).

FARINHA DE TAPIOCA

A partir da fécula de mandioca é possível obter a farinha de tapioca, caracterizado como sagu expandido, em algumas regiões do Brasil, como é o caso da região Norte e Nordeste, a farinha de tapioca é um os principais produtos de consumo obtidos a partir da mandioca (CEREDA E VILPOUX, 2003).

É um produto consumido de diversas formas e assim como a farinha de mandioca é comercializado, principalmente, em feiras livres. Silva et al. (2012) pontuam obtiveram informações de produtores, os quais relataram que na Zona Bragantina é que predominam casas de farinha de tapioca do estado do Pará, o produto é elaborado de forma “artesanal”, sendo o maior produtor a comunidade de Americano, localizada no município de Santa Izabel, Pará.

As etapas de produção envolvem a umidificação da fécula, peneiramento, formação dos grânulos, o chamado encaroçamento que consiste em um aparato denominado “caroçadeira”, uma espécie de tecido de algodão fixado em uma moldura de madeira, assim a medida que a fécula umedecida passa por esse aparato são formados os grânulos de tapioca, e novamente o material é peneirado, em seguida é realizado o escaldamento com o objetivo de gelatinizar parcialmente o amido superficial dos grânulos, seguido de repouso, espocagem cuja operação é realizada em fornos similares ao da etapa anterior. A etapa de espocagem é caracterizada pela expansão dos grânulos como “pipocas”, os quais tornam-se brancos e opacos, com aparência de isopor (Figura 4) em seguida o material é peneirado e embalado (SILVA et al., 2020).

Figura 4- Farinha de tapioca pronta para consumo.



Fonte: A autoria própria (2021).

A farinha de tapioca é caracterizada por ser altamente calórica, tendo em vista a alta quantidade de amido presente. Dados sobre sua composição são apontados na literatura, onde foram observados umidade de 4,54% e valor de atividade de água de 0,19. Teor de amido de 93,25 %, lipídios totais 1,14%, proteínas totais 0,08% e cinzas 0,04% (CHISTÉ et al., 2012). Valores semelhantes de composição química foram observados em outros estudos. Todavia, é interessante destacar que os parâmetros físico-químicos podem sofrer variação, que pode ser devido à variedade da raiz e temperatura usada no processamento, no momento da espocagem dos grânulos. Um estudo conduzido por Silva et al. (2012) analisando farinha de tapioca de dois municípios localizados no estado do Pará, evidenciou diferença em praticamente todos os parâmetros avaliados, incluindo valores variando entre 4,53% a 40,69% de umidade, 0,86% a 0,88% de lipídeos, 0,04% a 0,12% de cinzas, 84,30% a 93,03% de amido, sendo o teor de proteínas o único que não sofreu variação (0,08%).

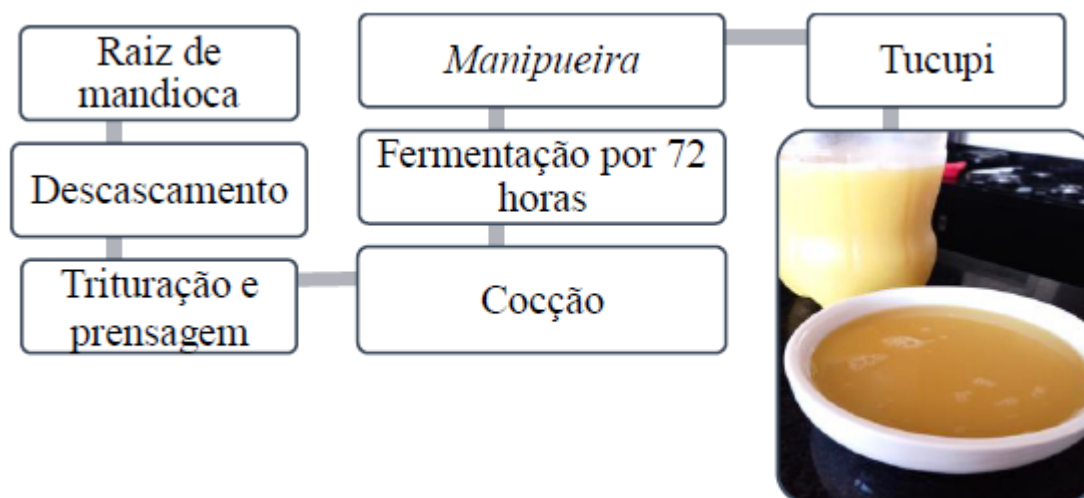
Embora variações nesses parâmetros ocorram, é importante mencionar que existe Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca, estando os estudos mencionados, dentro do que preconiza a legislação.

TUCUPI

A partir das raízes de mandioca, no processo de produção da farinha de mandioca, obtém-se um resíduo líquido, denominado de *manipueira*, que em algumas regiões do Brasil, é aproveitado para produção do Tucupi (DO CARMO BRITO et al., 2019). O tucupi é uma espécie de caldo, muito comum na região Amazônica, em pratos típicos, e indispensável na mesa dos paraenses, em uma das maiores

festas religiosas, o Círio de Nazaré, realizado em Belém-Pará, que reúne pessoas do mundo inteiro. A produção do molho de tucupi, envolve a fermentação e cocção da *manipueira*, o fluxograma desse processo está apresentado na Figura 5.

Figura 5- Fluxograma simplificado de processamento da *manipueira* para obtenção do tucupi.



Fonte: Chisté e Cohen (2012) com adaptações e imagem de autoria própria (2021).

Em termos de composição centesimal, o tucupi apresenta acidez total em torno de 6,49, umidade de 96,91 g/100g, cinzas 0,45 g/100g, proteínas 0,35 g/100g, lipídeos 2,04 g/100g e 0,25 de carboidratos (OLIVEIRA et al., 2020).

Muitas pessoas indagam ou têm receio do consumo do tucupi devido a presença de ácido cianídrico, este é oriundo de glicosídeos, onde são metabólitos secundários que possuem toxicidade, como já relatado anteriormente. A concentração desse composto sofre variação dependendo da forma de processamento, assim é importante a quantificação do teor de ácido cianídrico, no líquido obtido após processamento da farinha, por exemplo, afim de evitar intoxicações pela ingestão ou poluição hídrica em casos de descarte no ambiente, entre outros agravantes (BOURDOUX, 1982 citado por CHISTÉ; COHEN; OLIVEIRA, 2008). Ressalta-se que, o tucupi é seguro para o consumo humano, pois o processamento reduz os teores de cianeto originais da *manipueira* a níveis atóxicos ao homem (CHISTÉ e COHEN, 2012).

Outro aspecto importante é a busca árdua pela manutenção da saúde conciliando com a prevenção de doenças, muitas pesquisas apontam que os alimentos apresentam além dos nutrientes, componentes que possuem efeito benéfico ao organismo. A exemplo, é possível citar os carotenoides, onde sua ação antioxidante leva a prevenção de doenças como câncer, úlceras, diabetes, mal de

Alzheimer, mal de Parkinson entre outras, mostrando a sua importância na saúde humana (LIMA et al., 2012).

Embora os carotenoides sejam sensíveis a altas temperaturas, o que é necessário para obtenção do caldo de tucupi, estudos realizados por Kimura et al. (2007) mostraram que apesar do longo cozimento, o tucupi apresenta o cromatograma típico de mandioca com níveis apreciáveis de cis-isômeros, além de trans- -caroteno, mostrando sua relevância.

Embora o aproveitamento deste líquido e sua preparação na forma de tucupi, tenha interessantes constituintes, sua produção ainda é em escala reduzida e regional, muitos produtores de farinha de mandioca descartam-no em meio ambiente, o que mostra que alternativas para aproveitamento/ produção merecem maior atenção para esse produto típico e de sabor exótico, permitindo contribuir para geração de renda e benefício para o meio ambiente.

FOLHA DE MANDIOCA

Da mandioca tudo pode ser aproveitado, as folhas, por exemplo, são usadas tradicionalmente na região Norte do Brasil, como ingrediente para um prato típico denominado de “maniçoba”. Esse prato, também é apreciado no almoço do Círio de Nazaré, em Belém-PA. Todavia, vários municípios paraenses inserem esse alimento em suas refeições.

Segundo relato apontado no estudo de Nazaré; Picanço; Serra, (2018) as folhas de mandioca apresentam a maior quantidade de ácido cianídrico e por esse motivo a maniçoba requer dias de cozimento para sua eliminação. O estudo aponta relatos de sete dias, ou mais de cocção e mostra um exemplo relatado por uma moradora da cidade de Ananindeua-Pará “A paraense, católica, Maria do Socorro, iniciou o processo de cocção da maniçoba para a festa do Círio no ano de 2017, a festa aconteceu no segundo domingo de outubro, dia 08, e o início do preparo foi na quinta-feira, dia 28 de setembro. No primeiro dia, ela juntou na panela 8 kg de maniva pré-cozida e mais 450 g de toucinho branco, previamente refogado com outros condimentos. Desde então, em todos os dias o fogo era ativado debaixo da panela por volta das sete horas da manhã, sendo apagado por volta das 22 horas. Esse ritual se repetiu até o sábado, dia 7 de outubro, véspera do Círio, quando foram agregados ao cozimento os demais ingredientes (chouriço, bacon, charque, costela de porco, rabos, orelhas e pés de porco na salga), e permaneceram em fervura até a noite. Antes disso, os ingredientes mencionados foram colocados de molho no início da noite de sexta-feira, dia 6, para que pudessem expelir parte do sal. E após nove dias de cozimento, finalmente a maniçoba ficou pronta para consumo”.

A folha da mandioca cozida denominada de maniva, foi caracterizada no estudo de Lehalle et al. (2019), que observaram valores variando entre 6,43% a 6,56% de umidade, 4,49% a 5,04% de cinzas, 8,05% a 8,40% de lipídeos, 22,91% a 23,14% de proteínas e 40,18% a 40,72% de fibras.

Além desses componentes, as folhas de mandioca podem ser importantes do ponto de vista de sua atividade antioxidante, tendo em vista, a presença de importantes componentes com essa função. Essa parte vegetal contém grandes quantidades de rutina e quercetina-3 rutinosídeo. Um prato de maniçoba para uma pessoa, contém aproximadamente 1,5 gramas de quercetina (KUBO et al., 2006).

É interessante ressaltar que a quercetina é um flavonoide e tem sido apontada em vários estudos devido seu efeito benéfico, incluindo funções antialérgicas (JAFARINIA et al., 2020), anticâncer, devido a possibilidade de afetar os processos de doenças relacionadas ao câncer por meio de efeitos inibitórios de propagação celular, além da atividade antioxidante (Davoodvandi et al., 2020) e efeitos promissores relacionados a saúde óssea (WONG; CHIN; IMA-NIRWANA, 2020).

Além desses dados, e devido ao atual cenário ocasionado pela pandemia do Coronavírus- SARS-CoV-2 (COVID-19), a comunidade científica tem concentrado seus esforços objetivando encontrar alternativas para prevenção-tratamento da doença, achados mostram que a Quercetina Phytosome®, é considerada uma possível candidata para o enfrentamento clínico do COVID-19 (PIERRO et al., 2020). Ressaltamos também que, embora tenhamos dados promissores a respeito da quercetina, sua origem a partir das folhas de mandioca necessitam de mais estudos, objetivando trazer dados conclusivos para extração e aplicação como nutracêutico/fármacos entre outros produtos.

Ademais, as folhas de mandioca, também são usadas como componente na alimentação animal, em virtude da sua composição química. Achados na literatura, tem apontado que essa parte do vegetal pode ser usada para alimentação de várias espécies. Azevedo et al. (2016), por exemplo, incluíram farelo da folha da mandioca para juvenis de tilápia do Nilo e Li et al. (2019) em dietas de ganços. Mais recentemente, um estudo conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Escola de Agricultura e Tecnologia de Alimentos da University of the South Pacific, sugeriu que a diluição da dieta convencional com farelo das folhas de mandioca, pode ser uma alternativa para produção de frangos de médio e pequeno porte nessa região (DIARRA; ANAND, 2020). Observamos que as folhas de mandioca são utilizadas na alimentação de animais, todavia, sua aplicação é mais restrita, quando voltada para a alimentação de peixes e aves como ganços, o que nos mostra seu potencial para futura aplicação na alimentação desses e outros animais exóticos.

POTENCIAIS APLICAÇÕES DA FÉCULA NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS PLÁSTICOS.

A fécula de mandioca também tem despertado interesse da comunidade científica, em virtude, do seu potencial para obtenção de embalagens ecológicas. Teodoro et al. (2015) estudaram a fécula de mandioca com nanopartículas de amido acetilado e verificaram que melhorias nas propriedades de barreira e mecânicas, podem ser alcançadas ao adicionar o amido acetilado, além disso, sugerem que esse material pode ser considerado boa alternativa para manter a biodegradabilidade dos filmes.

Com apelo sustentável, a casca, bagaço e fécula de mandioca foram adicionadas na produção de filmes no estudo de Versino; López; García, (2015), que observaram melhorias nas propriedades mecânicas de seus filmes; Já Wan; Wahab, (2018) avaliaram a mistura de fécula de mandioca e quitosana na produção de filmes, onde também observaram filmes mais resistentes. Oluwasina et al. (2019), aplicaram a fécula de mandioca e amido oxidado na produção de filmes e como resultado observação que a oxidação pode melhorar as propriedades físicas e mecânicas. Câmara et al. (2020) elaboraram filmes com fécula de mandioca e estudaram as diferentes concentrações de plastificantes, observando que o aumento da porcentagem de glicerol contribui diretamente para o aumento da permeabilidade ao vapor de água dos filmes.

A fécula de mandioca também foi utilizada na produção de revestimentos destacáveis, voltados para embalagens de alimentos. Phinainitisatra e Harnkarnsujarit, (2021) caracterizaram as propriedades e estabilidade desses materiais e observaram que o revestimento obtido a partir da fécula de mandioca apresentou maior flexibilidade e estabilidade, características requeridas para esse tipo de material.

Os filmes a base de amido, geralmente, são quebradiços e conseqüentemente apresentam redução em suas propriedades mecânicas (LIU; HAN, 2005). Na maioria dos estudos citados, observamos que os autores, estudam uma forma de melhorar as características dos filmes à base de fécula de mandioca, tendo em vista, essas deficiências, e como resultado os estudos apontam melhorias, principalmente, nas propriedades de barreira e mecânicas, mostrando o potencial da fécula e seus subprodutos na elaboração de filmes sustentáveis, sendo mais uma forma de aproveitamento desse produto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente compilação nos mostra a importância da mandioca, tanto do ponto de vista alimentar, onde pontuamos sobre a sua composição e diversas formas de consumo, mostramos também que seu aproveitamento dar-se de forma integral, o que contribui com sua relevância socioeconômica.

Ressaltamos que, as folhas de mandioca, apresentam princípios ativos interessantes, e sugerimos que mais pesquisas sejam feitas com o objetivo de elucidar suas propriedades biológicas, pois certamente esses dados irão contribuir para sua aplicação em novos produtos nutracêuticos e/ou farmacêuticos.

Sugerimos também, que a fécula e resíduos de mandioca são materiais promissores para elaboração de filmes destinados a embalagens plásticas, como alternativa aos materiais sintéticos, sua biodegradabilidade pode contribuir, consideravelmente, para reduzir os impactos causados no ambiente tanto pelo descarte de resíduos (casca e bagaço de mandioca) quanto pelo descarte de embalagens sintéticas. Acreditamos que, as informações apresentadas no presente texto, permitem nortear o desenvolvimento de novos projetos que possam ser convertidos em futuras investigações e assim, contribuir com a comunidade científica e com a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMU, E. O.; MAZIYA-DIXON, B.; DIXON, A. G. Evaluation of proximate composition and pasting properties of high quality cassava flour (HQCF) from cassava genotypes (*Manihot esculenta* Crantz) of β -carotene-enriched roots. *LWT - Food Science and Technology*, v. 86, p. 501–506, 2017.
- ALVES, V. D. et al. Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. *Journal of Food Engineering*, v. 78, n. 3, p. 941–946, 2007.
- AZEVEDO, R. V., RAMOS, A. D. S., CARVALHO, J.S.O., & BRAGA, L., (2017). Inclusão do farelo da folha da mandioca para juvenis de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 38(3):305-310.
- BAJAJ, R. et al. Structural, morphological, functional and digestibility properties of starches from cereals, tubers and legumes: a comparative study. *Journal of Food Science and Technology*, v. 55, n. 9, p. 3799–3808, 2018.
- BATISTA, M. J. P. A. et al. Polysaccharide-rich fraction of spent coffee grounds as promising biomaterial for films fabrication. *Carbohydrate Polymers*, v. 233, 2020.
- BERWANGER, A. Estudo sobre a cadeia produtiva da mandioca. *Educação ambiental em ação*. v. XVI, nº 63, 2018.
- BIANCATELLI, C.R. M. L. et al. Quercetin and Vitamin C: An Experimental, Synergistic Therapy for the Prevention and Treatment of SARS-CoV-2 Related Disease (COVID-19). *Frontiers in Immunology*, v. 11, n. June, p. 1–11, 2020.
- BRASIL, 2005. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 23, de 14 de dezembro de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz da mandioca. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 15 dez. 2005. Seção 1, p.5.
- BRITO, C.B. DE N. et al. Influence of spontaneous fermentation of manipueira on bioactive amine and carotenoid profiles during tucupi production. *Food Research International*, v. 120, p. 209–216, 2019.
- CÂMARA, H.N.S. et al. Influence of Glycerol Content on the Physic-Chemical and Mechanical Properties of Cassava Starch Films. *Materials Science Forum*. v.1012, p.57-61, 2020.
- CEREDA, Marney Pascoli. *Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas*. Fundação Cargill, 2003.
- CHARLES, A. L.; SRIROTH, K.; HUANG, T. C. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. *Food Chemistry*, v. 92, n. 4, p. 615–620, 2005.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Determinação de cianeto total nas farinhas de mandioca do grupo seca e d'água comercializadas na cidade de Belém-PA. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2008.
- CHISTÉ, R. C. et al. Sorption isotherms of tapioca flour. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 47, n. 4, p. 870–874, 2012.
- CLEMENT, C. R. et al. Origin and domestication of native Amazonian crops. [s.l.: s.n.]. v.

- COELHO, J.D. Produção de mandioca – raiz, farinha e fécula. Caderno Setorial Etene. Ano III, nº 44, 2018.
- COELHO, J.D.; XIMENES, L.F. Mandioca e seus derivados. Caderno Setorial Etene. Ano 5, nº 128, 2020.
- DAVOODVANDI, A. et al. Quercetin as an anticancer agent: Focus on esophageal cancer. *Journal of Food Biochemistry*, v. 44, n. 9, p. 1–10, 2020.
- DE AZEVEDO, R. V. et al. Inclusão do farelo da folha da mandioca para juvenis de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 38, n. 3, p. 305–310, 2016.
- DIARRA, S. S.; ANAND, S. Impact of commercial feed dilution with copra meal or cassava leaf meal and enzyme supplementation on broiler performance. *Poultry Science*, v. 99, n. 11, p. 5867–5873, 2020.
- DUDU, O. E. et al. Structural and functional characteristics of optimised dry-heat-moisture treated cassava flour and starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 133, p. 1219–1227, 2019.
- EBUEHI, O. A. T.; BABALOLA, O.; AHMED, Z. Phytochemical, nutritive and anti-nutritive composition of cassava (*Manihot esculenta* L) tubers and leaves. *Nigerian Food Journal*, v. 23, n. 1, p. 40–46, 2005.
- FAOSTAT. No Title. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.
- JAFARINIA, M. et al. Quercetin with the potential effect on allergic diseases. *Allergy, Asthma and Clinical Immunology*, v. 16, n. 1, p. 1–11, 2020.
- GROXKO, M. Análise da conjuntura agropecuária safra 2017/18: mandioca. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural. Paraná, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Sistema de Recuperação Automática de Dados (SIDRA), 2018.
- KIMURA, M. et al. Screening and HPLC methods for carotenoids in sweetpotato, cassava and maize for plant breeding trials. *Food Chemistry*, v. 100, n. 4, p. 1734–1746, 2007.
- KUBO, S.; KADLA, J. F. Hydrogen bonding in lignin: A fourier transform infrared model compound study. *Biomacromolecules*, v. 6, n. 5, p. 2815–2821, 2005.
- LEHALLE, AL de C. et al. Caracterização físico-química de diferentes variedades de folha de *Manihot* utilizadas na produção de maniva cozida. Embrapa Amazônia Oriental, 2019.
- LEITE, A. L. M. P.; ZANON, C. D.; MENEGALLI, F. C. Isolation and characterization of cellulose nanofibers from cassava root bagasse and peelings. *Carbohydrate Polymers*, v. 157, p. 962–970, 2017.
- LI, M. et al. Effect of cassava foliage on the performance, carcass characteristics and gastrointestinal tract development of geese. *Poultry Science*, v. 98, n. 5, p. 2133–2138, 2019.
- LIMA, C. P. et al. Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 14, n. 2, p. 321–326, 2012.
- LIU, Z.; HAN, J. H. Film-forming characteristics of starches. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 1, 2005.

MAEDA, K. C.; CEREDA, M. P. Avaliação De Duas Metodologias De Expansão Ao Forno Do Polvilho Azedo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 2, p. 139–143, 2001.

MONTAGNAC, J. A.; DAVIS, C. R.; TANUMIHARDJO, S. A. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 8, n. 3, p. 181–194, 2009.

NAZARÉ, M. DE; PICANÇO, B.; SERRA, J. R. Um Olhar Por Entre Os Ciclos Da Mandioca Ao Fazer-Se Pato No Tucupi E Maniçoba No Almoço Do Círio De Nazaré. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*, v.7, p. 19–31, 2018.

OKWUONU, I. C. et al. Opportunities and challenges for biofortification of cassava to address iron and zinc deficiency in Nigeria. *Global Food Security*, v. 28, n. February 2020, p. 100478, 2021.

OLUWASINA, O. O. et al. Influence of oxidized starch on physicochemical, thermal properties, and atomic force micrographs of cassava starch bioplastic film. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 135, p. 282–293, 2019.

PAPONG, S. et al. Environmental life cycle assessment and social impacts of bioethanol production in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, v. 157, p. 254–266, 2017.

PEREIRA, S. L.; ROCHA, C. G. S.; FORMIGOSA, M. M. Etnofísica dos mecanismos de alavancas utilizados pelos agricultores na produção da farinha de mandioca, Senador José Porfírio, Pará. *Revista Insignare Scientia - RIS*, v. 3, n. 5, p. 152–169, 2020.

PHINAINITISATRA, T.; HARNKARNSUJARIT, N. Development of starch-based peelable coating for edible packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 56, n. 1, p. 321–329, 2021.

PIERRO, F. et al. Quercetin Phytosome® as a potential drug for Covid-19. *Minerva gastroenterologica e dietologica*, 2020.

SCHMIELE, M.; SAMPAIO, U. M.; PEDROSA SILVA CLERICI, M. T. Basic principles: Composition and properties of starch. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.

SILVA, P. A. et al. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. *Ciencia Rural*, v. 43, n. 1, p. 185–191, 2013.

SILVA, P. A. et al. Desenvolvimento e caracterização de farinha de tapioca obtida a partir de féculas de mandiocas cultivadas no Nordeste do Pará. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 42264–42281, 2020.

SONNEWALD, U. et al. The Cassava Source–Sink project: opportunities and challenges for crop improvement by metabolic engineering. *Plant Journal*, v. 103, n. 5, p. 1655–1665, 2020.

TEODORO, A. P. et al. Cassava starch films containing acetylated starch nanoparticles as reinforcement: Physical and mechanical characterization. *Carbohydrate Polymers*, v. 126, p. 9–16, 2015.

VERSINO, F.; LÓPEZ, O. V.; GARCÍA, M. A. Sustainable use of cassava (*Manihot esculenta*) roots as raw material for biocomposites development. *Industrial Crops and Products*, v. 65, p. 79–89, 2015.

VILPOUX, O. F.; BRITO, V. H.; CEREDA, M. P. Starch extracted from corms, roots, rhizomes, and tubers for food application. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.

VIZOLLI, I.; SANTOS, R. M. G.; MACHADO, R. F. Saberes quilombolas: um estudo no processo de produção da farinha de mandioca. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, v. 26, n. 42b, p. 589–608, 2012.

WAN, L. W.; WAHAB, M. K. A. Characterization and properties of biodegradable thermoplastic cassava starch / chitosan films. *Solid State Phenomena*, v. 280 SSP, p. 323–329, 2018.

WONG, S. K.; CHIN, K. Y.; IMA-NIRWANA, S. Quercetin as an agent for protecting the bone: A review of the current evidence. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 17, p. 1–37, 2020.

ZHU, F.; HAO, C. Physicochemical properties of Maori potato starch affected by molecular structure. *Food Hydrocolloids*, v. 90, p. 248–253, 2019.

Capítulo 2



10.37423/230707970

LEAF HERBIVORY AND PHYSICAL DEFENSIVE LEAF TRAITS IN TWO CONTRASTING CERRADO HABITATS

Jhonathan de Oliveira Silva

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*



Resumo: Herbivoria foliar e características foliares defensivas físicas em dois contrastantes habitats de Cerrado. Os níveis de herbivoria podem variar entre as diferentes fitofisionomias do Cerrado devido diferenças nas condições climáticas, solo, composição das espécies e características foliares, tais como esclerofilia e morfologia foliar. Este estudo teve como objetivo comparar a porcentagem de área foliar removida e a esclerofilia foliar entre habitats méxicos (vereda) e xéricos (cerrado). Além disso, foram avaliados os efeitos da esclerofilia e morfologia foliar (folhas simples e compostas) sobre a herbivoria. Foram selecionadas três áreas de vereda e cerrado sensu stricto, totalizando seis áreas. Nós encontramos maior herbivoria e menor esclerofilia foliar na vereda. Assim, habitats méxicos forneceram melhores condições higrotérmicas para herbívoros e folhas com maior dureza. A esclerofilia foliar não afetou os níveis de herbivoria, provavelmente, esta característica física esteja relacionada com a conservação de nutrientes e proteção contra foto-oxidação. A porcentagem de herbivoria foi maior em folhas simples do que em folhas compostas independente do habitat. A descontinuidade espacial das folhas compostas provavelmente atua como uma barreira contra herbívoros. Portanto, estratégias defensivas das plantas não se restringem apenas às defesas físicas e químicas. Traços morfológicos podem ter um papel secundário de defesa, e a interação de tais características foliares com as demais defesas também devem ser consideradas.

Palavras-chave: Dano foliar; Esclerofilia foliar; Folivoria; Habitats xéricos e méxicos Morfologia foliar

INTRODUCTION

Insect herbivores cause great impacts on plants, both on ecological and evolutionary time scales (STRONG et al., 1984; COLEY et al., 1985; COLEY; BARONE, 1996). Among the several types of herbivory, folivory is the removal of leaf tissue by chewing and constitutes one of the easiest types of herbivory to register because it is clearly observed on the leaf blade (DIRZO; DOMINGUEZ, 1995; COLEY; BARONE, 1996; OLIVEIRA et al., 2012). The diversity of herbivore insects and the extent of damage they can inflict to their host plant are strongly bottom-up controlled and can be shaped by diffuse factors such as climatic variables (STRONG et al., 1984; EDWARDS et al., 2000; FERNANDES et al., 2005; ESPÍRITO-SANTO et al., 2007; NEVES et al., 2010; LUZ et al., 2012).

In xeric habitats, plants under environmental nutrient and water stress develop mechanisms to support harsh environmental. Due to the low protein production, carbohydrate and lipid storage in excess area accumulated in leaf blade (TURNER, 1994; RIBEIRO et al., 1998; FERNANDES et al., 2005), and the leaf become more tough and thick, mechanism commonly named syndrome of sclerophylly (COLEY et al., 1985; FERNANDES; PRICE, 1991; GONÇALVES-ALVIM et al., 2006; SILVA et al., 2009). Sclerophylly is among the selective mechanisms for plant adjustment in xeric habitats (TURNER, 1994; LUCAS et al., 2000; GONÇALVES-ALVIM et al., 2004, 2006). Moreover, It is argued that sclerophylly can act as a physical defense against herbivory, or as a mechanism for nutrient conservation and protection of leaf longevity (FERNANDES, 1994; GONÇALVES-ALVIM et al., 2006; SILVA et al., 2009; NEVES et al., 2010). Thus, leaves in xeric habitats are expected to be smaller, thicker and unpalatable to herbivores than leaves in mesic habitats (FERNANDES, 1994; BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; NEVES et al., 2010; FACCION et al, 2021).

Other defensive traits such as leaf morphology have been little investigated (see EDWARDS et al., 2000; SILVA et al. 2021). The size and shape of leaves may change according to sun intensity and nutrient availability (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003; FACCION et al, 2021). However, not all variation in leaf structure is a consequence of adaptation to physical environmental factors and may be related to leaf herbivory (NIEMELÄ; TUOMI, 1987; MARQUIS; WHELAN, 1996). The irregular shape of leaves resembles leaves which were partially eaten by folivorous insects. Some studies suggest that these plants mimic feeding damage and earlier colonization by herbivores, and they can act as a potential anti-herbivory adaptation (GONSALES et al., 2002; JULIÃO et al., 2002). Furthermore, compound leaves would also act as a barrier against herbivores (JULIÃO et al., 2002), and their spatial discontinuity may resemble leaves which were previously eaten. Insect herbivores may avoid

colonizing such leaves, because compound or mimic leaves may attract predators and parasitoids (MARQUIS; WHELAN, 1996). Thus, we hypothesized that compound leaves may experience lower selective pressure by insect herbivore than simple leaves.

The aim of this study was to address the following questions: i) Is leaf herbivory higher in mesic habitats? ii) Is leaf sclerophylly higher in xeric habitats? iii) Is leaf herbivory negatively related to leaf sclerophylly? iv) Is there difference in herbivory levels between compound and simple leaves?

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted at Parque Estadual Veredas do Peruaçu (14°55'071''S and 44°39'248''W), with area of 30,702 ha, located in Cônego Marinho, northern Minas Gerais, Brazil, in April 2006. The sampling was conducted in an area of abrupt transition between cerrado *sensu stricto* (hereafter called Cerrado with a capital letter when discussing the biome and cerrado when referring to this specific vegetation) and vereda habitats. This conservation unit presents several Cerrado phytophysionomies, including *cerrado sensu stricto*, gallery forest, open scrubland and vereda.

The cerrado is a type of savanna, presenting tortuous trees, 3-6 m high, with thick barks and sclerophyllous leaves (RIBEIRO; WALTER, 1998; FURLEY, 1999). The level and period of deciduousness varies between species and individuals, with no clear pattern (OLIVEIRA, 1998). In this study, cerrado *sensu stricto* was considered as a xeric habitat, whereas vereda is a mesic habitat with lower leaf sclerophylly and harsh environmental conditions for insect herbivores (Figure 1). Vereda is a phytophysionomy found adjacent to cerrado (*sensu stricto*) and distributed mostly on headwaters at central Brazil (EITEN, 1994). These environments are characterized by the presence of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae) – popularly known as “Buriti” – and usually found on flooded areas and are mostly occupied by dense herbaceous vegetation (CARVALHO, 1991).

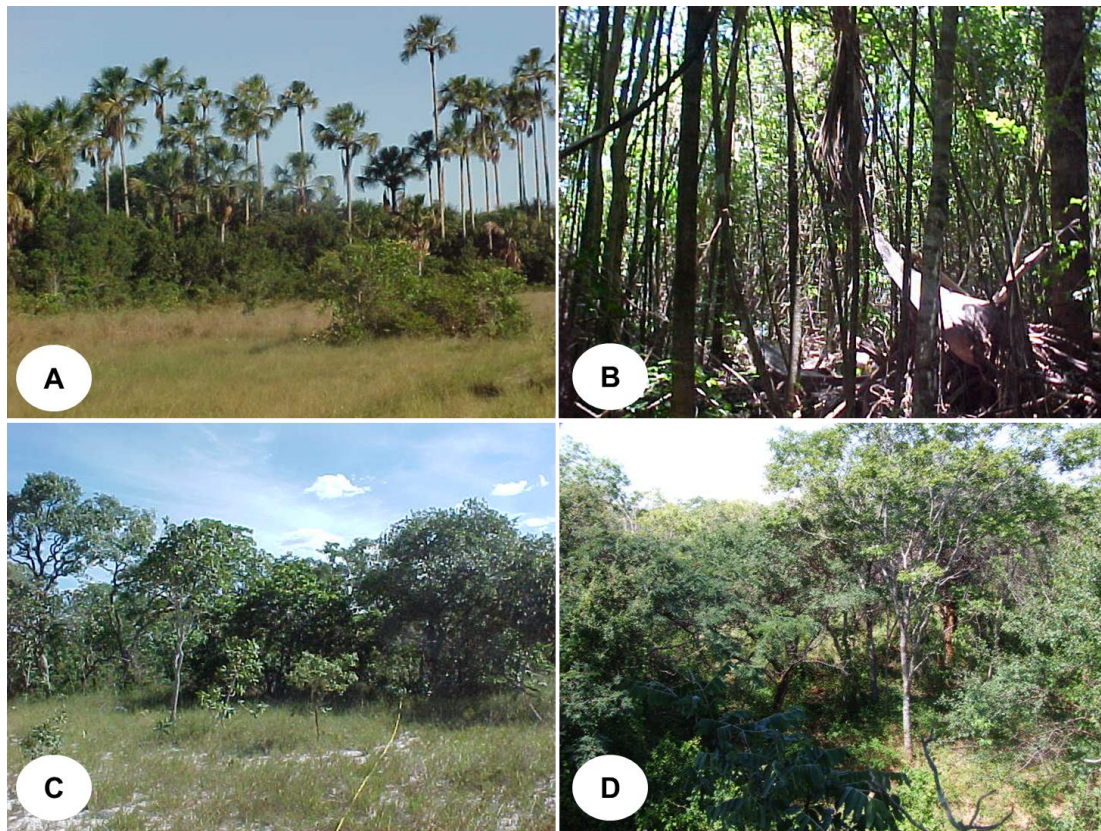


Figure 1. Sampled habitats: vereda in outside (A) and inside record (B); and cerrado in outside (C) and inside record (D).

We chose three vereda and three cerrado sites. We ran 100 m transects in each site and marked a point every 10 m along each transect. In each point, five leaves were collected from every tree within a 3 m² quadrat. Trees had between 3-5 m height and a diameter at breast height (DBH) equal or greater than 10 cm. All collected leaves were fully expanded, positioned between 2- 2.2 m height, and had visible signs of maturation and similar position in the shoots. Samples were collected during three consecutive days. We walked about 5 km per day and sampled adjacent habitats of cerrado sensu stricto and vereda, sampling one site of each phytophysiology per day. The first coupled cerrado-vereda habitats was 6.7 km away from the second coupled, which in turn was 4.8 km away from the third coupled of adjacent habitats. Transects were located 500 meters away from the edge into each habitat and at least 700 m to the adjacent habitat. Temperature and relative humidity for all sites were measured at the hottest period of the day (14:30 h). Higher temperature (38.2 ± 1.44 °C) and lower relative humidity (31.8 ± 3.81 %) were observed in the cerrado when compared to the vereda habitats (32.6 ± 0.53 °C and 50.0 ± 2.6 %).

At the laboratory, all leaves were digitalized and total leaf area and leaf removed area were calculated using the software ImageJ (RASBAND, 2006). Then, we calculated the percentage of leaf area loss,

estimated by the ratio of leaf removed area and total leaf area (Figure 2). Later, all leaves were dried at 70°C for 96 hours and weighed. Leaf sclerophylly was then estimated through specific leaf mass (SLM), a methodology widely used based on the ratio of leaf dry weight and leaf area (MADEIRA et al., 1998; GONÇALVES-ALVIM et al., 2004, 2006; SILVA et al., 2009; NEVES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012). Finally, the leaf herbivory and specific leaf mass were averaged per point in each transect, totaling $n = 66$ points, 33 in the cerrado and 33 in the vereda habitats.

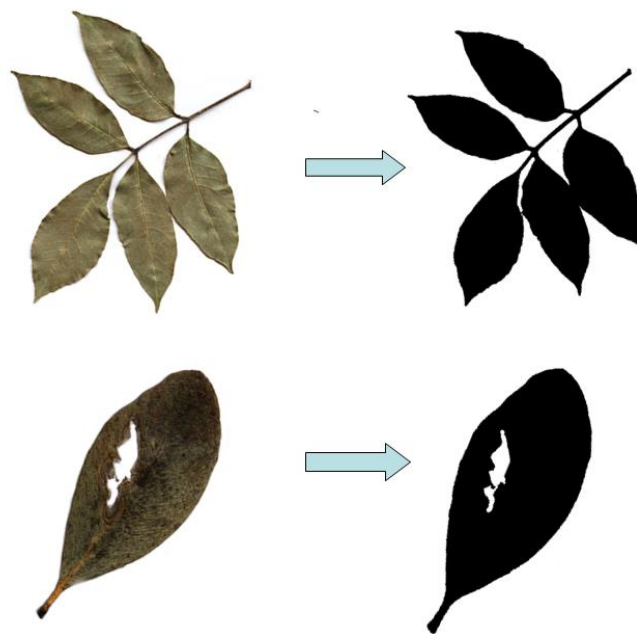


Figure 2. Leaf images converted to binary (black/white), using ImageJ software, in order to determinate leaf herbivory.

To test for the difference of leaf area loss and leaf morphology (simple and compound leaves) between habitats points we used a Mann-Whitney Test for non-parametric data. To test for the relationship between leaf sclerophylly and percentage of leaf removed area we used a Spearman correlation test (ZAR, 1996). In addition, to check for differences of leaf sclerophylly between habitats we performed an analysis of variance (ANOVA), with leaf sclerophylly log transformed to reach data normality. All analyses were performed using the software R2.6.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

RESULTS

We sampled a total of 830 leaves. In general, there was a mean leaf area loss of 2.4 ± 0.20 % in the vereda and 1.4 ± 0.11 % in the cerrado points sampled in each habitat. Thus, we observed a higher

percentage of leaf area loss in the vereda points when compared to the cerrado (Mann-Whitney U test, $U_{1,64} = 26.15$, $p < 0.001$, $n = 66$; Figure 3A). Among the sampled leaves, a higher specific leaf mass was found in the cerrado ($14.1 \pm 1.03 \text{ mg/cm}^2$) than in the vereda ($8.3 \pm 1.01 \text{ mg/cm}^2$; $F_{1,64} = 22.011$, $p < 0.001$, $n = 66$; Figure 3B). However, we did not find a significant relationship between leaf area loss and specific leaf mass ($r = -0.679$, $p = 0.06$, $n = 66$).

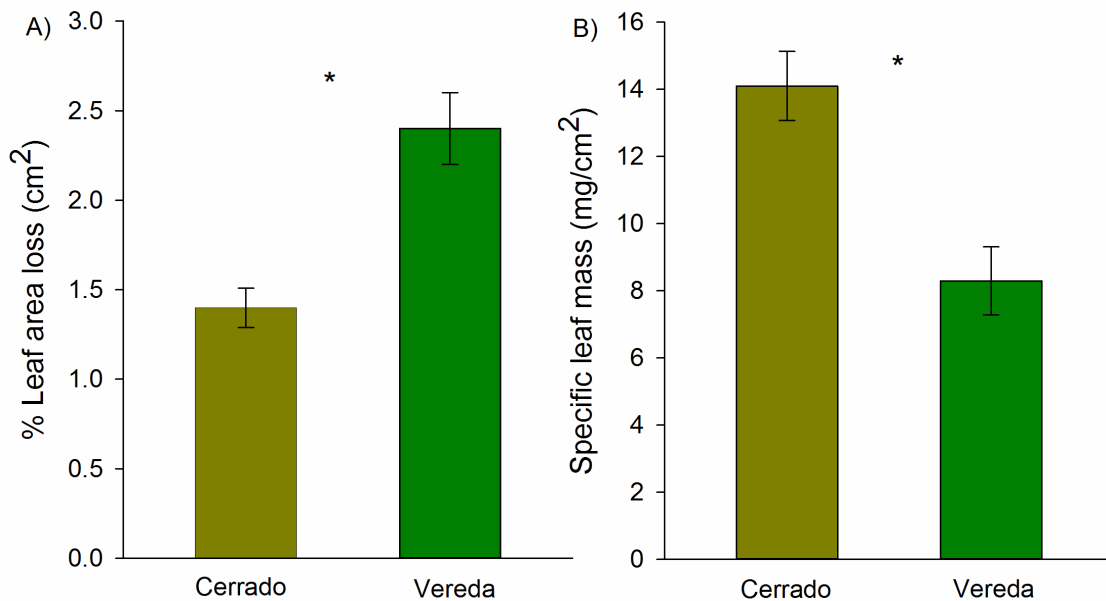


Figure 3. Percentage of (a) percentage of leaf herbivory and (b) specific leaf mass (mg/cm^2) on leaves of cerrado and vereda habitats ($n=66$). Error bars indicate one standard error. In figure “*” indicates $p < 0.05$.

Leaf area loss differed between compound ($1.22 \pm 0.156 \%$) and simple leaves ($1.86 \pm 0.157 \%$), and we observed higher leaf herbivory rates in simple than in the compound leaves (Mann-Whitney U test, $U_{1,64} = 7.62$, $p = 0.006$, $n = 66$; Figure 4).

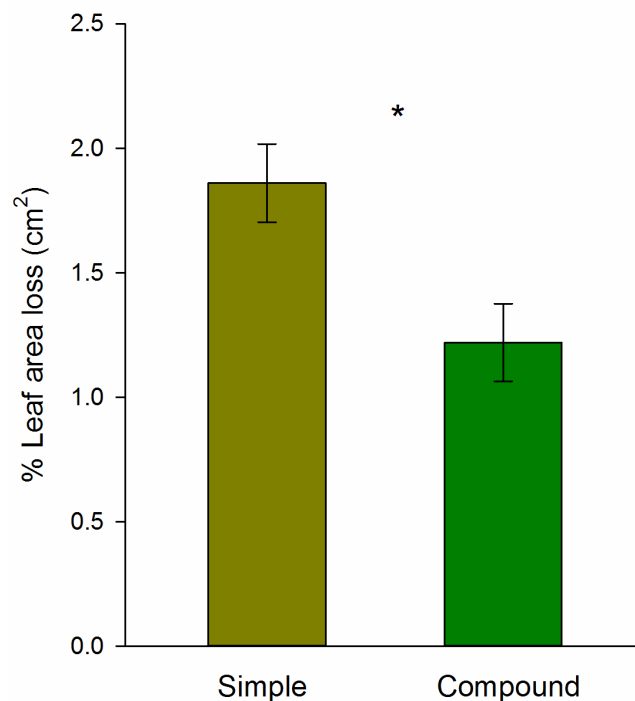


Figure 4. Percentage of leaf herbivory in simple and compound leaves of cerrado and vereda habitats (n=66). Error bars indicate one standard error. In figure “*” indicates $p < 0.05$.

DISCUSSION

We observed higher leaf herbivory in vereda habitats, and we considered this environment like mesic when compared to the cerrado. In fact, mesic habitats provide better hygrothermal conditions, leaf palatability and lower risk of desiccation for free-feeding herbivore insects (FERNANDES; PRICE, 1991; RIBEIRO et al., 1998; FERNANDES et al., 2005; SILVA et al., 2009). Furthermore, in another study of leaf herbivory with several species from cerrado *sensu stricto* and cerrado grassland, Fowler and Duarte (1991) suggested that herbivore pressure is low in Cerrado vegetation due to the development of strategies against herbivory, such as chemical (e.g. tannins) and physical defenses (e.g. trichomes and leaf toughness). On the other hand, Coley et al. (1985) stated that plants adapted to environments with low resource availability (e.g. low nutrients in soil, as in the cerrado) invest few resources on growth, since they are adapted to use most resources in the production of defenses. Indeed, in this study we observed higher leaf sclerophylly in the cerrado (xeric habitats).

Our results are according to several others studies related to herbivory and sclerophylly between xeric and mesic habitats. Neves et al. (2010) found leaf damage up to 2.3% in xeric habitats (cerrado *sensu stricto*) and levels three times higher in mesic habitats (dry forest during the rainy season). In addition,

higher sclerophylly was recorded in the cerrado (xeric habitat). Similarly, Pais and Varanda (2003) found higher sclerophylly on *Didymopanax vinosum* (Apiaceae) in xeric habitats, whereas the higher herbivory rate (8.49%) was recorded in mesic habitats. Finally, Almeida (2009) found higher herbivory rates in mesic habitats (3.4%), whereas sclerophylly was higher in xeric habitats. Although the results in our study are similar to the aforementioned regarding leaf herbivory between habitats, we did not observe a significant relationship between leaf sclerophylly and herbivory levels. Therefore, sclerophylly in these habitats would mainly involve an adaptation for water and nutrient conservation, protection against high sun radiation and photodamage (TURNER, 1994; GONÇALVES-ALVIM et al., 2004, 2006; SILVA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012).

The lack of relationship between sclerophylly and leaf herbivory in xeric environments has been commonly observed in other studies; Silva et al. (2009) did not find a relationship between herbivory and sclerophylly on *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae: Caesalpinioideae). According to Gonçalves-Alvim et al. (2004), sclerophylly may not play an important role protecting *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) tree in cerrado habitat. Thus, herbivores insects could be adapted to the sclerophyllous characteristics of this species. Similarly, Oliveira et al. (2012) did not observe any correlation between these parameters for *Handroanthus spongiosus* (Bignoniaceae) in dry forest, whereas Almeida (2009) did not find any relationship between leaf herbivory and sclerophylly in cerrado, dry forest and riparian forest vegetation. More detailed studies and long-term evaluations are needed for a better understanding of the relationship between herbivores and the dynamics of physical defenses in contrasting sites (GONÇALVES-ALVIM et al., 2004; SILVA et al., 2009; NEVES et al., 2010), since leaf sclerophylly does not seem to be determining the leaf damage levels.

The presence of leaflets in compound leaves can minimize the damage that would be concentrated on a single leaf (simple leaves). The spatial discontinuity in compound leaves would act as a barrier against herbivores (GONSALES et al., 2002). Thus, the proportional increase of edges when compared to a single leaf blade appears to confer greater protection against herbivores. Other leaf morphological traits seem to provide a defense alternative against herbivory, such as leaves with serrate margins that may look like previously consumed leaves (NIEMELÄ; TUOMI, 1987; JULIÃO et al., 2002). Therefore, herbivores would avoid using a resource apparently attacked by other herbivores or alternatively, birds could be attracted by this leaf morphotype that would signal the presence of herbivores (MARQUIS; WHELAN, 1996; JULIÃO et al., 2002). Therefore, leaf morphological traits may play a

secondary defensive role. Thus, the hypothesis of differential herbivory based on leaf morphology was corroborated.

Mesic habitats indeed showed higher rates of leaf herbivory and lower leaf sclerophylly. However, due to controversies about the role of sclerophylly, further refined studies are necessary to elucidate its effects on each insect herbivore guild and on leaf consumption. We conclude that the mediation of herbivore-plant interactions due to physical defenses is quite complex and that plant morphological traits may play a secondary defensive role. Hence, morphological trait is a factor into leaf defensive syndromes affecting the leaf herbivory in these habitats, but chemical leaf traits also must be considered.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very grateful to R.F. Braga, A.M. Mattos and L. Gontijo for their comments in early drafts of the manuscript. We also thank two anonymous reviewers. We thank Instituto Estadual de Florestas (IEF) and Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes) for logistical support. J.O. Silva gratefully acknowledges a scholarship from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). This study was conducted in a field trip during the Plant-animal Interactions course offered by Unimontes – “Ciências Biológicas” undergraduate program.

REFERENCES

- ALMEIDA, E. C. S. Insetos galhadores da Apa do rio Pandeiros (Januária/MG) e o efeito da esclerofilia foliar na herbivoria. 2009. 69 f. Master dissertation (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros. 2009.
- BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparison of leaf morphology of tree species from three distinct successional stages of tropical rain forest (Atlantic Forest) in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Botânica, São Paulo*, v. 26, p. 61-72, 2003.
- CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos Cerrados. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v. 168, p. 47-54, 1991.
- COLEY, P. D.; BRYANT, J. P.; CHAPIN, F. S. III. Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science, Washington*, v. 230, p. 895-899, 1985.
- COLEY, P. D.; BARONE, J. A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, Palo Alto*, v. 27, p. 305-35. 1996.
- DIRZO, R.; DOMÍNGUEZ, C. A. Plant-herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forest. In: Bullock, S. H.; Mooney, A.; Medina, E. (Eds.). *Seasonally Dry Tropical Forest*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 305-325, 1995.
- EDWARDS, C.; READ, J.; SANSON, G. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. *Oecologia, Berlin*, v. 123, p. 158-167. 2000.
- EITEN, G. Vegetação. In: PINTO, M. N. (Ed.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1994. p. 17-73.
- ESPÍRITO-SANTO, M. M.; NEVES, F. S.; ANDRADE-NETO, F. R.; FERNANDES, G. W. Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. *Oecologia, Berlin*, v. 153, p. 353-364, 2007.
- FACCION, G.; ALVES, A. M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SILVA, J. O.; SANCHEZ-AZOFEIA, A.; FERREIRA, K. F. Intra- and interspecific variations on plant functional traits along a successional gradient in a Brazilian tropical dry forest. *Flora*, v. 279, p. 151815, 2021.
- FERNANDES, G. W. Plant mechanical defenses against insect herbivory. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 38, p. 421-433, 1994.
- FERNANDES, G. W.; PRICE, P. W. Comparison of tropical and temperate galling species richness: the role of environmental harshness and plant nutrient status. In: PRICE, P. W.; LEWINSOHN, T.; FERNANDES, G. W.; BENSON, W. W. (Eds.). *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. New York: John Wiley, p. 91-115, 1991.
- FERNANDES, G. W.; GONÇALVES-ALVIM, S. J.; CARNEIRO, M. A. A. Habitat-driven effects on the diversity of gall-inducing insects in the Brazilian Cerrado. In: RAMAN, A.; SCHAEFER, C. W.; WITHERS, T. M. (Eds.). *Biology, ecology and evolution of gall-inducing arthropods*. New Hampshire: Science Publishers, p. 693-708, 2005.

- FOWLER, H. G.; DUARTE, L. C. Herbivore pressure in a Brazilian Cerrado. *Naturalia*, Rio Claro, v. 16, p. 99-102, 1991.
- FURLEY, P. A. The nature and diversity of Neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian Cerrados. *Global Ecology and Biogeography*, Malden, v. 8, p. 223-241, 1999.
- GONSALES, E. L.; COELHO, F. M.; ROMERO, G. Q.; SANTOS, J. C.; UEHARA-PRADO, M. Morfologia foliar e herbivoria: mecanismo de engano para herbívoros? In: VENTICINQUE, E.; ZUANON, J. (Eds). *Curso Ecologia da Floresta Amazônica*. Manaus: Insstituto Nacional de Pesquisa na Amazonia – INPA, p. 56-57, 2002.
- GONÇALVES-ALVIM, S. J.; COLLEVATTI, R. G.; FERNANDES, G. W. Effects of genetic variability and habitat of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) on herbivory by free-feeding and gall-forming insects. *Annals of Botany*, London, v. 94, p. 259-268, 2004.
- GONÇALVES-ALVIM, S. J.; KORNDORF, G.; FERNANDES, G. W. Sclerophylly in *Qualea parviflora* (Vochysiaceae): influence of herbivory, mineral nutrients, and waters status. *Plant Ecology*, London, v. 187, p. 153-162, 2006.
- JULIÃO, G. R.; PEDROSA, P. M.; RESENDE, D. C.; SOARES-JR, F. J.; TELLO, P, G. Herbívoros selecionam folhas compostas? In: VENTICINQUE, E.; ZUANON, J. (Eds). *Curso Ecologia da Floresta Amazônica*. Manaus: Insstituto Nacional de Pesquisa na Amazonia – INPA, p 24-26, 2002.
- LUCAS, P. W.; TURNER, I. M.; DOMINY, N. J.; YAMASHITA, N. Mechanical defenses to herbivory. *Annals of Botany*, London, v. 86, p. 913-920, 2000.
- LUZ, G. R.; FERNANDES, G. W.; SILVA, J. O.; FAGUNDES, M.; NEVES, F. S. Galhas de insetos em habitats xéricos e méxico em uma região de transição entre Cerrado e Caatinga no norte de Minas Gerais, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, Rio Claro, v. 7, p. 181-187, 2012
- MADEIRA, J. A.; RIBEIRO, K. T.; FERNANDES, G. W. Herbivory, tannins and sclerophylly in *Chamaecrista linearifolia* (Fabaceae) along an altitudinal gradient. *Brazilian Journal of Ecology*, São Paulo, v. 2, p. 24-29, 1998.
- MARQUIS, R. J.; WHELAN, C. Plant morphology and recruitment of the third trophic level: subtle and little-recognized defenses? *Oikos*, Kopenhagen, v. 75, p. 330-334, 1996.
- NEVES, F. S.; ARAÚJO, L. S.; FAGUNDES, M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FERNANDES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; QUESADA, M. Canopy herbivory and insect herbivore diversity in a dry forest-savanna transition in Brazil. *Biotropica*, Malden, v. 42, p. 112-118, 2010.
- NIEMELÄ, P.; TUOMI, J. Does the leaf morphology of some plants mimic caterpillar damage? *Oikos*, Kopenhagen, v. 50, p. 256-257, 1987.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). *Cerrado: Ambiente e Flora*. Planaltina: Embrapa, p. 169-192, 1998
- OLIVEIRA, K. N.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SILVA, J. O.; MELO, G. A. Ontogenetic and temporal variations in herbivory and defense of *Handroanthus spongiosus* (Bignoniaceae) in a Brazilian tropical dry forest. *Environmental Entomology*, Lanham, v. 41, p. 541-550, 2012.

- PAIS, M. P.; VARANDA, E. M. Variation in plant defenses of *Didymopanax vinosum* (cham. & schtdl.) Seem. (Apiaceae) across a vegetation gradient in a Brazilian Cerrado. *Acta Botanica Brasilica*, Feira de Santana, São Paulo, v. 17, p. 395-403. 2003.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, Available from <<http://www.R-project.org>>. 2008.
- RASBAND, W, S. ImageJ, Maryland: United States National Institutes of Health, Bethesda. Available from <<http://rsb.info.nih.gov/ij>>. 2006.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). *Cerrado: Ambiente e Flora*. Planaltina: Embrapa, p. 89-166, 1998
- RIBEIRO, S. P.; CARNEIRO, M. A. A.; FERNANDES, G. W. Richness and distribution of free-feeding insect herbivores in Serra do Cipó on old quartzite Brazilian mountain. *Journal of Insect Conservation*, New York, v. 2, p. 1-12, 1998.
- SILVA, J. O.; JESUS, F. M.; FAGUNDES, M.; FERNANDES, G. W. Esclerofilia, taninos e insetos herbívoros associados a *Copaifera lagsdorffii* Desf. (Fabaceae: Caesalpinioideae) em área de transição Cerrado - Caatinga no Brasil. *Ecologia Austral*, Buenos Aires, v. 19, p. 197-206, 2009.
- SILVA, J. O.; SOUZA-SILVA, H.; RODRIGUES, P. M. S.; CUEVAS-REYES, P.; ESPÍRITO-SANTO, M. M. Soil resource availability, plant defense, and herbivory along a successional gradient in a tropical dry forest. *Plant Ecology*, v. 222, p. 625–637, 2021.
- STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T. R. E. *Insects on Plants: Community Patterns and Mechanisms*. Oxford: Blackwell Scientific Publication, p. 313, 1984.
- TURNER, I. M. Sclerophylly: primarily protective? *Functional Ecology*, London, v. 8, p. 669-675, 1994.
- ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*. 3 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 662 p.

Capítulo 3



10.37423/230707973

DIVERSIDADE DE BORBOLETAS FRUGÍVORAS (NYMPHALIDAE) NA PORÇÃO SETENTRIONAL DA CADEIA DO ESPINHAÇO

Gabriela de Araújo Silva

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*

Jhonathan de Oliveira Silva

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*

Manoel Victor Evangelista de Morgado

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*

Uriel de Jesus Araujo Pinto

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*

Bianca Santana Dias Nascimento

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*

Ivan Santos Teixeira

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco - UNIVASF*



Resumo: Borboletas são organismos extremamente adequados para a realização de estudos a respeito da ecologia, diversidade e conservação das regiões tropicais. Por serem ótimos indicadores de qualidade ambiental, fornecerem informações sobre a biodiversidade e serviços ecossistêmicos, além de ceder informações e conhecimentos importantes para o subsidio e tomada de decisão acerca da conservação de ambientes tropicais. O trabalho comparou o padrão espacial da biodiversidade (composição de espécies, riqueza e abundância) de borboletas frugívoras em florestas semidecíduas, a fim de contribuir para os estudos da porção setentrional da Cadeia do Espinhaço, realizando levantamento das espécies, analisando a estrutura da comunidade em questão, para propor áreas de conservação para o grupo estudado. A amostragem ocorreu durante a estação chuvosa, em quatro regiões (Serra da Bananeira, Serra do Mamão, Serra da Fumaça e Parque Estadual das Sete Passagens), utilizando 24 armadilhas em cada região, dispostas em quatro transectos de seis armadilhas cada (N=96). Foram coletados 357 indivíduos, distribuídos em 20 espécies da família Nymphalidae. As espécies mais abundantes foram *Hypna clytemnestra*, com 100 indivíduos, seguida de *Hamadryas februa*, com 72 indivíduos. A composição de insetos diferenciou entre os ambientes, sendo que apenas a Serra do Mamão e PESP apresentaram semelhança na composição. A maior contribuição para a riqueza de espécies se dá através da diversidade β_3 (escala regional). A riqueza e abundância por armadilhas não diferiram entre Serra da Fumaça e Bananeira, mas mostraram-se maiores que na Serra do Mamão e PESP. A variação na estrutura da comunidade através das quatro localidades geográficas destaca a importância da conservação destas serras, devido a heterogeneidade dos ambientes e à contribuição da diversidade β_3 , assim sugerimos a criação de uma unidade de conservação que englobe todas estas áreas.

Palavras-chave: Caatinga; Entomologia; Lepidópteros; Serviços ecossistêmicos

INTRODUÇÃO

Estudos a respeito dos padrões de distribuição e diversidade das espécies em diferentes escalas tem recebido grande interesse da comunidade científica (STORCH & GASTON, 2004; NEVES et al., 2014; WARDHAUGH, 2014). A qualidade e quantidade de recursos (SILVA et al., 2017), os efeitos de processos histórico/evolutivos (LEAL et al., 2016; BEIRÃO et al., 2017) e a estrutura do habitat (NEVES et al., 2014; SILVA et al., 2016, 2017) têm sido frequentemente considerados para explicar padrões de organização de comunidade naturais. Porém, pouco se conhece a respeito da variação espacial em regiões montanhosas, as quais vêm se mostrando como locais importantes para explicar a riqueza de espécies dentro de comunidades biológicas e ajudam a indicar habitats que precisam ser protegidos (MITTELBACH, 2012; CHECA et al., 2019).

As montanhas são consideradas um dos ecossistemas mais frágeis, tornando-as mais susceptíveis às mudanças climáticas (FERNANDES, 2016; BARBOSA & FERNANDES, 2016; EHL et al., 2019). Estes locais de altitudes elevadas possuem variações muito grandes em espaços relativamente pequenos, servindo de material de estudo importante para entender processos ecológicos (FERNANDES, 2016). Nestes ambientes os processos e ciclos que governam o planeta têm impacto mais rápido sobre flora e fauna, podendo levar espécies, fisionomias e habitat em taxas antes não vistas.

Os ecossistemas de montanha possuem grande importância biológica e se faz necessária a sua conservação (FERNANDES, 2016). Entre os ambientes montanhosos do Brasil, a Cadeia do Espinhaço mostra-se como um ambiente complexo e de alta diversificação de espécies (SOUSA; BAUTISTA; JARDIM, 2013). Dentro desta cordilheira brasileira, há a porção setentrional da Cadeia do Espinhaço, inserida no domínio Caatinga, região semiárida brasileira, marcada por forte sazonalidade na precipitação. Existem diversos estudos para a Cadeia do Espinhaço, porém a porção setentrional ainda é pouco conhecida cientificamente e possui diversos trechos mapeados com a categoria 'extremamente alta' para a prioridade de conservação (MMA, 2018).

Esta região da Cadeia do Espinhaço, além de sujeita a maiores impactos antrópicos (ex.: exploração de minério, energia eólica, criação de animais), contribui para riqueza ecotonal e para a sobrevivência de diversos organismos. A vegetação é extremamente variada, com campo rupestre, matas de galeria, matas de encosta, florestas decíduas e semidecíduas. Além disso, abriga um potencial hídrico de grande importância local, por estar situado no polígono das secas.

Em regiões áridas, a presença de floresta semidecídua provavelmente apresenta um papel fundamental na manutenção da biodiversidade. Estas florestas são assim conhecidas por apresentarem perda parcial, até 50%, da folhagem em épocas de seca, com indivíduos resistentes a estes períodos, quando duradouros (VELOSO, 1991), além disso, pode hospedar a fauna das vegetações subjacentes. Muitas áreas de florestas estacionais semidecíduas estão sendo amplamente devastadas, com ambientes abertos para criação de animal e agricultura (DURIGAN et al., 2000).

Os insetos são os principais representantes na riqueza de espécies em ambientes tropicais, representando cerca de 70% de toda biodiversidade animal (BASSET et al., 2012). Estudos com invertebrados terrestres têm indicado que eles são sensíveis às mudanças ambientais em habitats tropicais e possuem diversas características que os tornam bioindicadores adequados (GARDNER et al., 2008; BRAGA et al., 2012; NEVES et al., 2010; PEREIRA et al., 2017). Estudos recentes destacam alguns táxons terrestres como bons indicadores de qualidade, monitoramento e realização de funções ecossistêmicas em habitats tropicais, como borboletas, formigas, besouros escarabeídeos e abelhas (BROWN & FREITAS, 2000; PEREIRA et al., 2017, NUNES et al., 2018).

As borboletas, por serem conspícuas, coloridas, diurnas, de fácil captura e identificação relativamente simples (BROWN, 1997), são organismos extremamente adequados para a realização de estudos a respeito da ecologia, diversidade e conservação das regiões tropicais (FREIRE-JR. et al. 2014, BEIRÃO et al., 2017). Ainda apresentam grande sensibilidade às mudanças do habitat por possuírem laços estreitos com o ambiente (PIRES, 2014; SILVA, 2018, BROWN, 1997, LEWINSOHN, FREITAS & PRADO, 2005) e oferecerem informações significativas sobre comunidades e ecossistemas, uma vez que executam papéis de decompositores, presas e são influenciados pela dinâmica vegetacional (OLIVEIRA et al., 2014).

Dentre as famílias de borboletas, Nymphalidae é composta por indivíduos que, em sua fase adulta, se alimentam de líquidos de frutas e, por serem de fácil coleta através de armadilhas contendo iscas, tornam-se bastante utilizadas em estudos científicos. Na região neotropical, a composição desta guilda se dá através das subfamílias Charaxinae, Biblidinae, Satyrinae e Nymphalinae: Coeini (ARAUJO et al., 2020).

Uma ferramenta estatística importante e promissora para entender os padrões distributivos das espécies e ajuda na escolha de áreas para conservação é a partição aditiva da diversidade. A partição aditiva é assim denominada porque divide a diversidade de uma comunidade em três componentes (RIBEIRO; PRADO; FREITAS, 2008), como a diversidade alfa, ou diversidade local; diversidade beta, ou

diversidade gradual de espécies ao longo de um ambiente e diversidade gama, marcadora da diversidade total dos ambientes amostrados em estudo (MAGURRAN, 2004). Este método permite identificar em qual escala ocorre a maior variação da diversidade e na qual o enfoque de conservação deve ser inserido (LANDE, 1996; VEECH et al., 2002).

Diante da fragilidade, pouco conhecimento e a vulnerabilidade dos organismos frente aos distúrbios antrópicos nos ecossistemas montanhosos tropicais, e às mudanças climáticas impostas por tais alterações, se reforça a necessidade da preservação destes ecossistemas. Além disso, conhecer a estrutura de comunidades de borboletas nas montanhas tropicais e verificar como a qualidade do habitat pode influenciar a sua distribuição, torna-se uma importante ferramenta para o monitoramento dos efeitos de pressões antrópicas ou naturais sobre os ecossistemas tropicais. Desta forma, o objetivo do trabalho pretendeu elucidar o padrão espacial da comunidade de borboletas frugívoras presente em ambientes de florestas estacionais semidecíduas de quatro regiões da porção setentrional da Cadeia do Espinhaço para propor áreas que possam atuar na conservação dos grupos estudados e na diversidade associada.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho de campo foi realizado em quatro áreas pertencentes à porção setentrional da Cadeia do Espinhaço (Serra da Bananeira - Antônio Gonçalves; Serra da Fumaça – Pindobaçu; Serra do Mamão - Senhor do Bonfim; Parque Estadual das Sete Passagens – Miguel Calmon), localizadas na região centro-norte da Bahia (fig. 1).

A região da Serra da Bananeira, Serra da Fumaça e Serra do Mamão apresenta um clima seco e subúmido, com média anual de precipitação de 250 mm a 750 mm (ALVARES et al., 2014), apresentando irregularidades e períodos de grandes estiagens, com menos de 30 mm durante a estação seca do ano, que vai de agosto a janeiro (INMET, 2022) e temperaturas médias que chegam a 27°C. As três áreas são pertencentes ao bioma caatinga, apresentam fitofisionomias diversas, com presença de campo rupestre, florestas estacionais semidecíduas, com árvores de porte médio a alto (LIMA & ZACCA, 2014).

O Parque Estadual das Sete Passagens, unidade de conservação de proteção integral, é uma área de aproximadamente 2.821 ha. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSwH, semiárido, com verão chuvoso e inverno seco. A elevação do local varia de 600 a 1.300 metros; possui

média anual de precipitação, calculada de 1943 a 1983, de 566 mm e, por estar inserido no polígono das secas, há um alto risco de estiagem por longos períodos. Sua temperatura média, calculada também no período de 40 anos, chega a aproximadamente 23,3°C. A vegetação do parque apresenta um mosaico, incluindo campos rupestres e florestas estacionais semidecíduas (BALLEJOS & BASTOS, 2010).

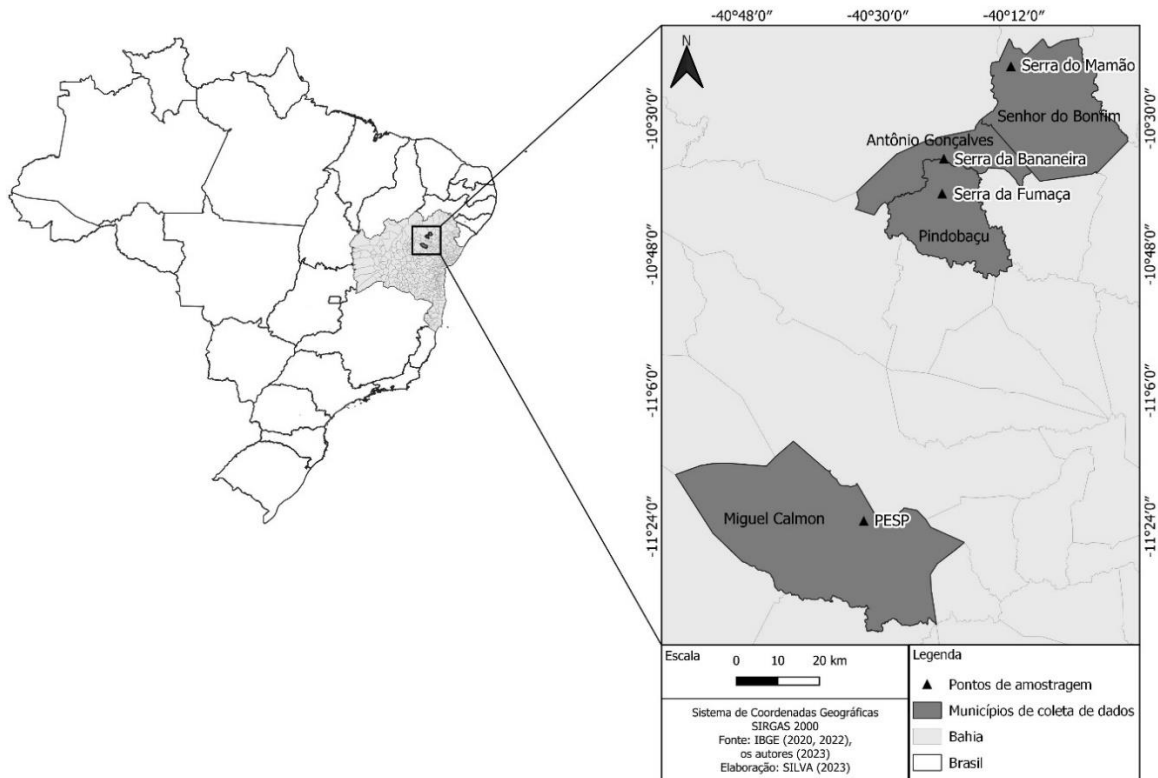


Fig. 1. Mapa das áreas de coletas das borboletas frugívoras na porção setentrional da Cadeia do Espinhaço, no estado da Bahia, sendo elas Serra do Mamão - Senhor do Bonfim; Serra da Bananeira – Antônio Gonçalves; Serra da Fumaça – Pindobaçu; Parque Estadual das Sete Passagens – Miguel Calmon.

COLETA DE DADOS

As coletas ocorreram durante o período chuvoso, entre os meses de maio a julho de 2019. Em todas as quatro áreas, foram montados quatro transectos de 180 m, com distância mínima de 30 m da borda, cada um contendo seis armadilhas do tipo Van Someren-Rydon, com espaçamento de 30 m entre elas, totalizando 24 armadilhas por área (N=96).

As armadilhas foram montadas e iscadas com caldo-de-cana e banana fermentados, preparada 48 h antes da saída a campo. As armadilhas foram suspensas entre 1,20 m a 1,50 m do solo, presas em galhos de matrizes arbóreas existentes no local (fig. 2.a) e permaneceram no ambiente por 48 h. Todos os indivíduos capturados foram coletados (fig. 2.b), sacrificados por compressão torácica ainda em campo e armazenados em envelopes devidamente identificados com o número da armadilha, transecto e área de amostragem.

Em laboratório, as borboletas coletadas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível com o auxílio de guias de identificação de borboletas frugívoras. Os exemplares de melhor estado foram montados para elaboração de uma coleção entomológica, que ficará armazenada no Núcleo de Ecologia e Conservação da Caatinga – NECC, da Universidade Federal do Vale do São Francisco.



Fig. 2. (a) Armadilha do tipo Van Someren-Rydon utilizada para a captura das borboletas frugívoras, suspensa a aproximadamente 1,20m do solo, em área de floresta estacional semidecidual; (b) borboletas capturadas em campo.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A composição de insetos foi comparada através de uma análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS), com abundância de espécies agrupada por transecto. As comunidades foram

ordenadas pela distância de *Bray-Curtis*. Para testar se a composição de espécies de borboletas frugívoras difere entre os distintos transectos dos ambientes foi aplicada uma análise de similaridade (ANOSIM; CLARKE, 1993), ordenando a similaridade das matrizes. Por fim, o valor de 'R' foi calculado para indicar a diferenciação dos grupos ao final da análise.

A riqueza de espécies foi demonstrada pela curva de acumulação de espécies dos distintos ambientes, para isto, foi feita uma conversão dos dados para uma matriz de presença e ausência e utilizados os pacotes *vegan* e *iNEXT* para elaboração da curva de rarefação. A riqueza de espécies foi extrapolada baseada no estimador *Chao1* com 300 aleatorizações. Este estimador possui menor viés e baixa dependência quanto ao tamanho amostral (CHAO & JOST 2012).

Para analisar os componentes de diversidade foi utilizada a partição aditiva, uma vez que essa abordagem pode ser aplicada em diversas escalas temporais e espaciais (LANDE, 1996, VEECH *et al.*, 2002). Esse método utiliza a diversidade total da região (gama, γ), a diversidade local (alfa, α) e a mudança espacial da composição de espécies (beta, β). Assim, a diversidade gama mostra a riqueza de todos os ambientes reunidos. A diversidade alfa prova a riqueza média por armadilha, a diversidade β_1 amostra a variação das espécies entre armadilhas, a diversidade β_2 indica a variação de espécies entre parcelas de um mesmo ambiente e a diversidade β_3 verifica a variação de espécies entre regiões. Este método permite identificar em qual escala ocorre a maior variação da diversidade e na qual o enfoque de conservação deve ser inserido. Para tal análise, foi utilizado o pacote *MASS* para testar se as riquezas são maiores do que o esperado pela variação ao acaso, sendo realizadas 1000 randomizações por unidade amostral. Além disso, foi criado um modelo nulo pela aleatorização das amostras, com o os valores observados e esperados.

A riqueza e abundância de borboletas por armadilhas foram comparadas entre ambientes através de modelos lineares generalizados (GLM), com a utilização da família *Poisson*. Os modelos foram comparados com o modelo nulo e a adequação da distribuição de erro verificada através de análise de resíduos (CRAWLEY, 2007). Todas as análises foram realizadas através do software R_{3.6.1} (R Development Core Team 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram capturados 357 indivíduos, distribuídos em 20 espécies da família Nymphalidae, pertencentes a cinco subfamílias: Biblidinae (nove espécies e 130 indivíduos), Charaxinae (quatro espécies e 121 indivíduos), Satyrinae (seis espécies e 102 indivíduos), Nymphalinae (uma espécie e 4 indivíduos). A

espécie mais abundante foi *Hypna clytemnestra* (Charaxinae), com 100 indivíduos (28,01%), seguida por *Hamadryas februa* (Biblidinae) com 72 indivíduos (20,16%), (fig. 3).

Do total de insetos coletados, 110 indivíduos de 15 espécies estiveram presentes nas armadilhas da Serra da Bananeira, seguidos de 159 indivíduos de 14 espécies na Serra da Fumaça; 48 borboletas de oito espécies foram encontradas na Serra do Mamão e, por fim, 40 indivíduos de 10 espécies foram coletados no Parque Estadual das Sete Passagens. Sete espécies foram *singleton*, enquanto que 13 espécies ocorreram em mais de um ambiente (fig. 4).



Fig. 3. Representantes das espécies mais abundantes no presente trabalho. À esquerda, *Hypna clytemnestra*; à direita, *Hamadryas februa*.

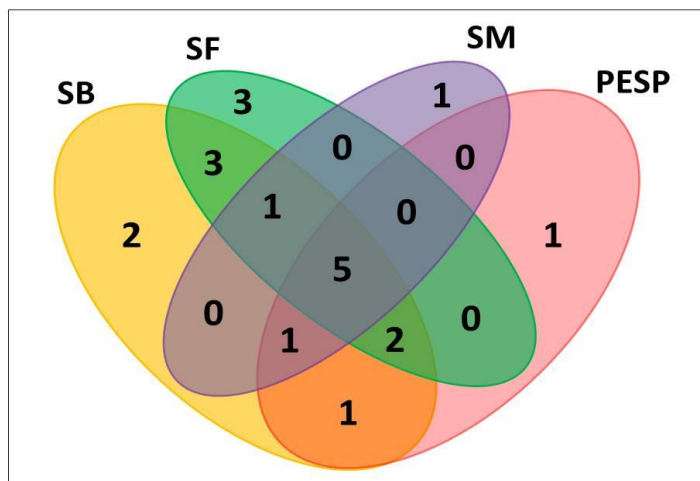


Fig. 4. Diagrama de Venn para a riqueza de espécies de borboletas frugívoras exclusivas e compartilhadas nos ambientes de coleta na porção setentrional da Cadeia do Espinhaço. SB = Serra da Bananeira, SF = Serra da Fumaça, SM = Serra do Mamão, PESP = Parque Estadual das Sete Passagens.

Através do NMDS, foi verificado que a composição de espécies das quatro áreas de amostragem foi diferente quando realizado o ANOSIM ($R=0.24$; $p= 0.001$), (fig. 5). Apenas a Serra do Mamão e o PESP

apresentaram alguma semelhança na composição. Possivelmente, as áreas amostradas possuem uma heterogeneidade dos recursos que são utilizados pelas borboletas frugívoras, para que essa co-ocorrência das espécies seja baixa entre todas as áreas. Mesmo com a proximidade entre as Serras da Fumaça e Serra da Bananeira, os valores estatísticos apontam diferença na composição, que pode ser explicada por barreiras vicariantes que impedem a migração de determinadas espécies para outros ambientes (MIRANDA & DIAS, 2012), além de fatores ligados à qualidade ambiental. A Serra da Fumaça é um lugar turístico de grande movimentação e suas trilhas têm sido bastante degradadas, o que pode afugentar determinadas espécies adaptadas a locais mais conservados. Diferentemente, a Serra da Bananeira não há muita movimentação de pessoas e as áreas de coleta são praticamente intocadas, permitindo que borboletas maiores e de hábitos de interior de matas consigam perpetuar sua espécie. Algumas espécies mostraram-se, apesar da variação entre territórios, dominância dentro da comunidade destes insetos frugívoros, como é o caso de *H. clitemnestra* e *H. februa*, espécies facilmente encontradas em áreas de clareira e estágios iniciais de sucessão, devido a existência de plantas pioneiras que são utilizadas por estas subfamílias (HOEHNE; LORINI; RIBEIRO, 2017).

Taygetis laches foi abundantemente encontrada na Serra da Bananeira, e escassa nas outras três áreas. Ao analisar a estrutura anatômica da espécie, *T. laches* possui asas largas que facilitam seu voo em áreas de florestas mais densas (MADEIRA, 2008; EHL *et al.*, 2019), mostrando indiretamente a característica do local de preferência e sobrevivência destas borboletas frugívoras. Algumas espécies da subfamília Satyrinae são sensíveis às perturbações antrópicas, como a perda de habitat e constante fragmentação, portanto, respondem negativamente a estes fatores (BROWN & FREITAS, 2000). Através da escolha da espécie e o número dela encontrado no local já nos permite ter a ideia de como está o ambiente, reforçando ainda mais sobre como borboletas frugívoras são excelentes biondicadores de qualidade ambiental, e isto pode ser visto através de diversos fatores, inclusive àqueles associados à estrutura da vegetação e distúrbios presentes (FURLANETTI, 2010).

As espécies da subfamília Charaxinae terão uma maior aptidão em áreas abertas, visto que suas asas concedem um voo mais rápido, o que não seria vantajoso em áreas de porte mais denso, com muitos obstáculos (MADEIRA, 2008; EHL *et al.*, 2019). Representante dessa subfamília, como *Fountaineia ryphea* e a mais encontrada no estudo, *H. clytemnestra*, foram bastante visualizadas no campo de coleta da Serra da Fumaça, mas ainda assim, *H. clytemnestra* mostrou-se sempre presente em todas as áreas de amostragem.

Além disso, muitas espécies da subfamília Biblidinae são encontradas em ambientes perturbados e/ou com estágios iniciais de regeneração (BARBOSA, 2009; HOEHNE; LORINI; RIBEIRO, 2017; SILVA, 2018),

como é o caso de *H. februa*, também com maior quantidade na Serra da Fumaça, mas com presença em todos os ambientes do estudo.

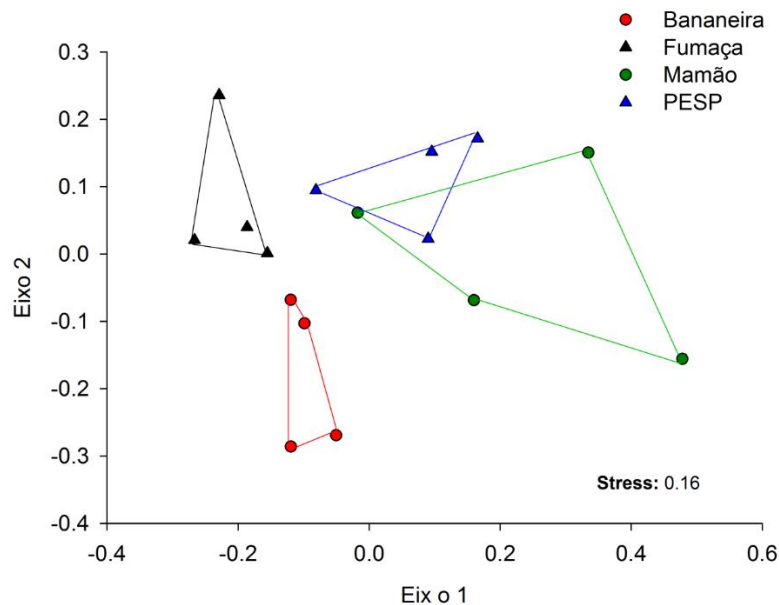


Fig. 5. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para composição das espécies de borboletas frugívoras entre os transectos das diferentes áreas. N= 16; Stress: 0.16.

A riqueza de espécies através da curva de acumulação (fig. 6) indicou que na Serra da Bananeira foram coletadas 15 espécies das 32,25 espécies estimadas, ou seja, 46,51% delas foram observadas; A Serra da Fumaça apresentou uma riqueza de 14 espécies observadas e 15,43 espécies estimadas, portanto, 90,73% delas foram coletadas; A riqueza constatada na Serra do Mamão foi de 8 espécies de 12,2 estimadas (65,57%); por último, foram amostradas no PESP 10 das 15,76 espécies estimadas, totalizando 63,45%. Ainda mostra que a estabilização da extrapolação do número de espécies se dá com aproximadamente 100 amostragens para Serra da Fumaça, Serra do Mamão e PESP e, para a Serra da Bananeira, por volta de 200 amostragens. Embora o esforço amostral do presente trabalho tenha sido insuficiente para atingir a assíntota, houve uma aproximação da saturação do número de espécies de borboletas amostradas em três das quatro regiões estudadas, tornando-se bom representativo da comunidade presente em cada ambiente.

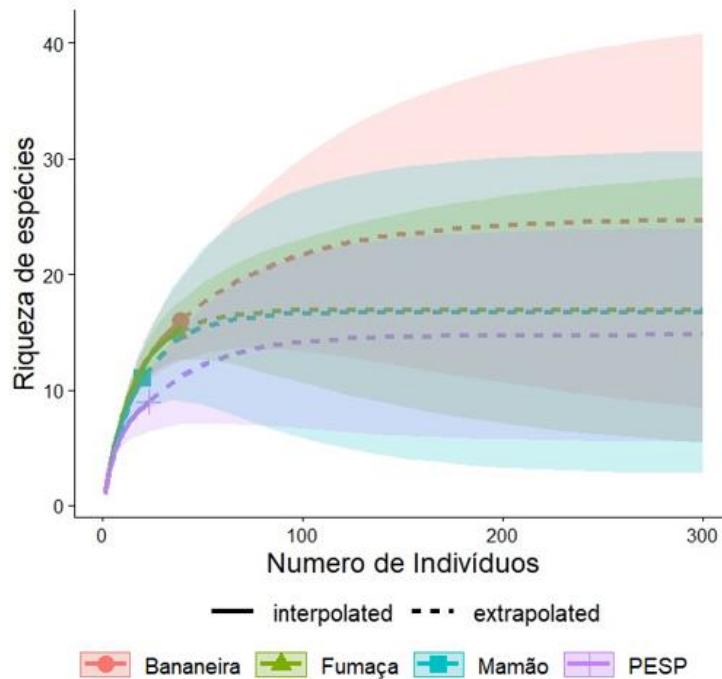


Fig. 6. Curva de acumulação de espécies com base em amostra do número total de espécies de borboletas frugívoras coletadas nos fragmentos de floresta semidecídua das diferentes áreas (Serra da Bananeira, Serra da Fumaça, Serra da Bananeira e Parque Estadual das Sete Passagens-PESP), utilizando estimador *Chao1*.

A partição aditiva mostrou que a diversidade α (riqueza média por armadilha), possui valor menor que o esperado pela hipótese nula ($p > 0,05$). Por outro lado, as diversidades β observada entre as armadilhas dentro de um mesmo transecto (β_1) foi significativamente menor que o acaso ($p = 0,02$), (fig.7). A diversidade β observada para a riqueza de espécies entre os transectos de diferentes ambientes (β_2) não se mostrou diferente da esperada pela hipótese nula ($p = 0,09$). A diversidade entre regiões (β_3) foi a de maior contribuição para a riqueza de espécies ($p < 0,02$).

A baixa diversidade α em regiões de florestas tropicais secas é recompensada pela diversidade β em maiores escalas (MARQUES & SCHOEREDER, 2013). Os valores para diversidade β_1 demonstra que as espécies não estão distribuídas aleatoriamente dentro dos fragmentos de amostragem, visto que o interior dessas manchas são, em geral, ambientes mais heterogêneos que as áreas de borda, portanto, haverá diferença na presença de determinadas espécies ao passar do gradiente, devido à disponibilidade de recursos para as espécies, não só de cunho alimentar, mas a umidade, incidência de luz, pressões antrópicas e disponibilidade de plantas hospedeiras existentes em determinadas áreas desses ambientes também mudam (RIBEIRO 2006; HOEHNE, LORINI & RIBEIRO, 2017; RIBEIRO et al., 2008; HEPP, 2011). Checa et al. (2019) afirmam que com insetos esta distribuição possui um

padrão, onde haverá mudanças entre habitats abertos até os mais densos. Por outro lado, a persistência de espécies de borboletas não é só definida pela mudança no ambiente, mas a constante agravação desta modificação pode influenciar no comportamento do grupo (EHL et al., 2019).

Já o resultado da diversidade β_3 indica que há uma maior substituição de espécies entre regiões. Esta alta contribuição pode influenciar positivamente na definição de áreas para conservação, inclusive escolher pequenos fragmentos para serem adicionados em áreas já protegidas (JANKOWSKI et al., 2009), já que há uma heterogeneidade entre as localidades.

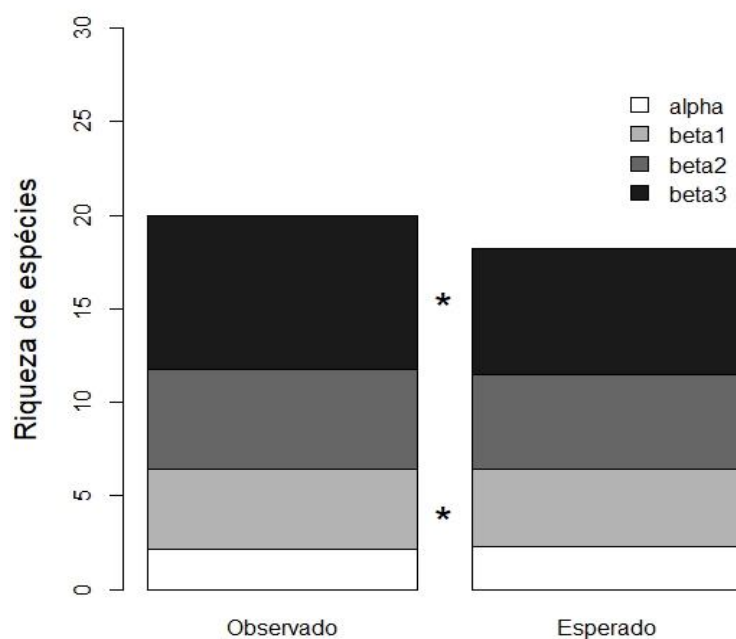


Fig. 7. Partição aditiva de diversidade de borboletas frugívoras em diferentes escalas. Os valores observados foram comparados com os valores esperados calculados pelo modelo nulo. Os asteriscos (*) indicam valores diferentes do esperado para cada partição ($p < 0,05$).

Ainda que não difiram significativamente, a riqueza e a abundância de espécies por armadilhas foram maiores na Serra da Fumaça e na Serra da Bananeira (fig. 8). Mesmo com a alta riqueza e abundância, é necessário um cuidado para com estes ambientes, porque a Serra da Fumaça é um local bastante utilizado para o turismo (devido à sua beleza cênica e presença de cachoeiras), além de existir, no entorno, terrenos desmatados, utilizados para criação animal. Segundo Sousa, Bautista & Jardim (2013), a Serra da Fumaça apresenta uma imensa importância para ecologia, visto que está inserida em projeto de conservação do governo federal (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da

Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO). Assim como a Serra da Fumaça, a Serra da Bananeira também possui um potencial hídrico, que fornece água para Barragem do Aipim, utilizada para abastecer municípios do entorno, assim, é necessário atentar-se ao cuidado com os fragmentos de florestas existentes próximas às nascentes e riachos que alimentam o reservatório.

Não houve diferença nos números de riqueza e abundância entre a Serra do Mamão e o PESP, ambos lugares representantes dos menores números relacionados a estas variáveis. Não só a perturbação dentro do fragmento impacta diretamente estes índices, mas as pressões ocorridas no entorno também podem prejudicar a distribuição das espécies e a estrutura da comunidade de borboletas. As manchas de florestas semidecíduas presentes na Serra do Mamão estão localizadas em uma propriedade particular, com muitas áreas abertas em sua volta, as quais são utilizadas para plantio do próprio morador. Além disso, ao redor da propriedade são vistas áreas cada vez mais utilizadas para pastagem. Mesmo que a abundância e riqueza por armadilha sejam maiores na Serra do Mamão e menores no PESP, as espécies encontradas com picos de abundância são geralmente aquelas encontradas em ambientes perturbados e abertos, como *H. februa* e *Biblis hyperia*.

O PESP aparece como o local de menores valores para riqueza e abundância, todavia, a riqueza total do ambiente mostra-se maior que a da Serra do Mamão, com 10 e 8 espécies, respectivamente. As armadilhas erguidas em áreas de altitudes mais baixas, e próximas a áreas de maior circulação de turistas que chegam ao parque, capturaram espécies mais generalistas que vivem em áreas mais abertas, como *H. februa*, *H. epinome* e *H. clytemnestra*, já em áreas mais altas e mais isoladas, de pouca movimentação, o número de indivíduos diminuiu, mas as espécies encontradas são conhecidas de ambientes mais preservados, como a espécie *Caligo illioneus* (SILVA; LANDA; VITALINO, 2007), presente apenas nessa área de amostragem. Para Uehara-Prado (2003) e Santos (2012), espécies de tamanho corporal maior preferem ambientes mais densos e de menor impacto, pois são extremamente sensíveis a mínimas variações ambientais, além de precisarem de plantas hospedeiras mais complexas para realizar seu desenvolvimento. O PESP possui um histórico de pressão antrópica, visto que o local fora bastante utilizado no ramo da mineração nas décadas de 1980 a 1990, antes de se tornar uma unidade de conservação, podendo ser encontrados, ao percorrer das trilhas, alguns buracos deixados pelos garimpeiros durante esse período. Através de conversas com funcionários do local, determinadas áreas que estão inseridas no polígono do parque sofreram mais com essas atividades do que outras, o que pode explicar a menor diversidade de espécies de diferentes grupos taxonômicos nesses ambientes e o número representativo de espécies generalistas existentes. A

escassez de espécimes nesta área de coleta pode ser explicada pela migração destas para habitats mais favoráveis (EHL et al., 2019).

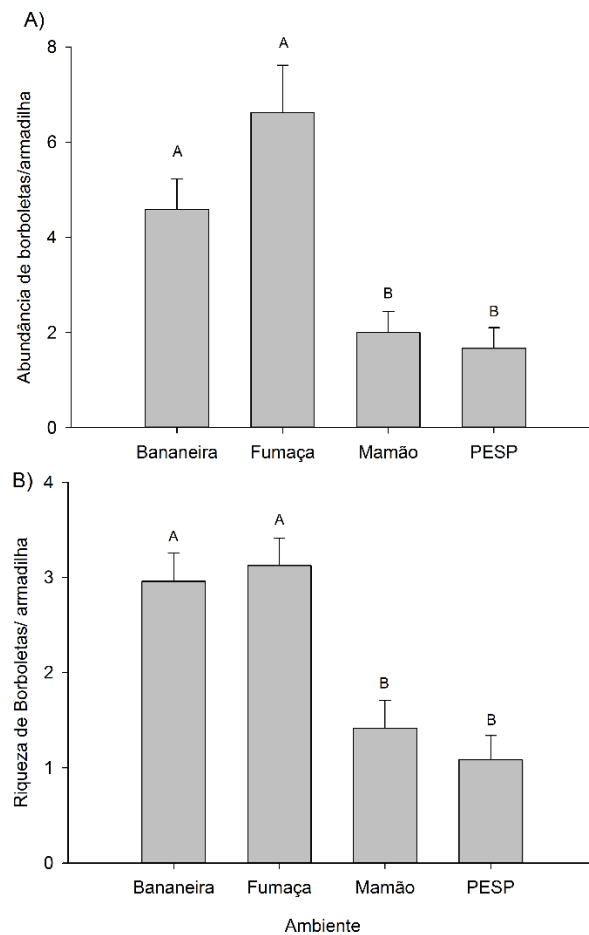


Fig. 8. Abundância e riqueza de borboletas frugívoras por armadilha (média ± erro padrão) das quatro áreas de amostragem na porção setentrional da Cadeia do Espinhaço (n = 96). As letras acima das barras indicam diferenças e semelhanças estatísticas entre as áreas, onde, letras iguais demonstram semelhanças e letras diferentes apresentam diferenças.

CONCLUSÕES

A composição de espécies, de modo geral, mostrou-se diferente entre áreas amostradas, com duas regiões contendo semelhanças (Serra do Mamão e PESP), indicando a heterogeneidade de espécies de borboletas frugívoras nos ambientes da porção setentrional da Cadeia do Espinhaço.

Serra da Fumaça e Serra da Bananeira possuíam riqueza e abundância maiores do que nas outras duas regiões. Essa diferença pode estar relacionada aos distintos níveis de perturbação e restauração nos determinados locais.

As partições de diversidade β_1 e β_3 foram as mais significativas para explicar a riqueza de borboletas frugívoras entre esses ambientes, sendo β_3 a de maior contribuição. Com estes resultados é possível sugerir a criação de unidade de conservação que englobem todas estas áreas, ao invés de várias pequenas e ainda chama a atenção para que esforços de conservação possam ser ajustados no Parque Estadual das Sete Passagens. É necessário que os estudos das áreas sejam continuados para que haja a expansão das informações sobre a importância da conservação da Caatinga, fornecendo conhecimento científico a respeito deste domínio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS, J. L.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 2014. 711–728p.

ARAUJO, P. F., FREITAS, A. V. L., GONÇALVES, G. A. S., RIBEIRO, D. B., Vertical stratification on a small scale: the distribution of fruit feeding butterflies in a semi-deciduous Atlantic Forest in Brazil, *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 2020.

BALLEJOS, J., BASTOS, C. J. P., Musgos acrocárpicos (Bryophyta) do Parque Estadual das Sete Passagens, Miguel Calmon, Bahia, Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, V.33, n.2, 2010, 355-370p.

BARBOSA, J. E. D., Dinâmica espaço-temporal em uma guilda de borboletas frugívoras no limite norte da floresta atlântica nordestina. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas do Centro de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2009. 42p.

BARBOSA, N. P. U., FERNANDES, G. W., Rupestrian grassland: Past, present and future distribution. In Fernandes, G. W., (Ed.) *Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil*. Springer International Publishing, Switzerland. 2016. 531-544p.

BASSET, Y.; CIZEK, L., CUÉNOUD, P., DIDHAM, R.K., GUILHAUMON, F., MISSA, O., NOVOTNY, V., ØDEGAARD, F., ROSLIN, T., SCHMIDL, J., TISHECHKIN, A. K., WINCHESTER, N. N., ROUBIK, D. W., ABERLENC, H. P., BAIL, J., BARRIOS, H., BRIDLE, JR., CASTAÑO-MENESES, G., CORBARA, B., CURLETTI, G., ROCHA, W. D., BAKKER, D., DELABIE, J. H. C., DEJEAN, A., FAGAN, L. L., FLOREN A, KITCHING, R. L., MEDIANERO, E., MILLER, S. E, OLIVEIRA, E. G., ORIVEL, J., POLLET, M., RAPP, M., RIBEIRO, S. P., ROISIN, Y., SCHMIDT, J. B, SØRENSEN, L., LEPONCE, M. Arthropod diversity in a Tropical Forest. *Science*, 2012. 338:1481–1484p.

BEIRÃO, M. V., NEVES, F. S., PENZ, C. M., DEVRIES, P. J., FERNANDES, G. W., High butterfly beta diversity between Brazilian cerrado and cerrado–caatinga transition zones. *Journal of Insect Conservation*. Volume 21. 2017. 21:849–860p.

BRAGA, R. F., KORASAKI, V., AUDINO, L. D., LOUZADA, J. Are dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon? *Ecosystems*, volume 15. 2012. 1173-1181p.

BROWN, K. S. Jr. & A. V. L. FREITAS. Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 2000. 32:934-956p.

BROWN, K. S. Jr. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation*, 1997. 1: 25-42p.

CHAO, A., JOST, L., Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 2012. 93:2533–2547p.

CHECA, M. F., DONOSO D., LEVY, E., MENA, S., RODRIGUEZ, J., WILLMOTT, K. Assembly mechanisms of neotropical butterfly communities along an environmental gradient. *BioRxiv*. 2019, 29p.

CLARKE, K. R., Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 1993. 18: 117–143p.

CRAWLEY, M. J., Statistical computing — an introduction to data analysis using S-Plus. Wiley, London, 2007.

DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; SAITO, M.; BAITELLO, J.B. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. Revista Brasileira de Botânica, v. 23, n. 4, 2000, 369-381p.

EHL, S., BÖHM, N., WÖRNER, M., RÁKOSY, L., SCHMITT, T., Dispersal and adaptation strategies of the high mountain butterfly *Boloria pales* in the Romanian Carpathians. *Frontiers in Zoology*, 2019.

FERNANDES, G. W., Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. Springer International Publishing, Switzerland, 2016. 574p.

FRANKLIN, J., Moving beyond static species distribution models in support of conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, Blackwell Publishing Ltd. 2010. 16, 321–330p.

FREIRE-JR, G., NASCIMENTO, A. R., KONSTANTINOV, I. M., DINIZ, I. R., Temporal occurrence of two Morpho butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae): influence of weather and food resources. *Environmental Entomology*, 2014. 43:274–282p.

FURLANETTI, P. R. R., A comunidade de borboletas frugívoras de áreas em processo de restauração, fragmentos de floresta estacional semidecidual e pastagens. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, São Paulo, 2010.

GARDNER T. A., BARLOW J., ARAUJO I. S., ÁVILA-PIRES T. C., BONALDO A. B., COSTA J. E., ESPOSITO M. C., FERREIRA L. V., HAWES J., HERNANDEZ M. I. M., HOOGMOED M. S., LEITE R. N., LOMAN-HUNG N. F., MALCOLM J. R., MARTINS M. B., MESTRE L. A. M., MIRANDA-SANTOS R., OVERAL W. L., PARRY, L., PETERS S. L., RIBEIRO-JUNIOR M. A., SILVA M. N. F., MOTTA C. S., PERES C. A. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters*, 2018. 11: 139–150p.

GOLDANI, Â. A importância da biogeografia histórica na conservação: exemplos de análise de parcimônia de endemismo e panbiogeografia na região neotropical. *Revista Eletrônica de Biologia (REB)*. v. 5, n. 3, 2012, 119-136p.

HEPP, L. U., Partição da diversidade de insetos aquáticos em riachos do sul do Brasil. Tese de doutorado. Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

HOEHNE, L., LORINI L. M., RIBEIRO, C. S., Avaliação da diversidade de borboletas frugívoras em duas áreas de um fragmento florestal no município de Soledade/RS. *Revista Caderno Pedagógico, Lajeado*, v. 14, n. 1, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET. Banco de dados meteorológicos, disponível em <<https://bdmep.inmet.gov.br/#>> Acesso em 01 de julho de 2022.

JANKOWSKI, J. E., CIECKA, A. L., MEYER, N. Y., RABENOLD, K. N., Beta diversity along environmental gradients: implications of habitat specialization in tropical montane landscapes. *Journal of Animal Ecology*, British Ecological Society, 78, 2009, 315–327p.

KERPEL, S. M., ZACCA, T., NOBRE, C. E. B., Jr. A. F. FONSECA, M. X. A., Borboletas do semiárido: Conhecimento atual e contribuições do PPBio, 2014.

LANDE R., Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 1996. 76:5–13p.

LEAL, C. R. O., SILVA, J. O., SOUSA-SOUTO, L., NEVES F. S., Vegetation structure determines insect herbivore diversity in seasonally dry tropical forests. *Journal of Insect Conservation*, 2016, 20:979–988p.

LEWINSOHN, T. M., FREITAS, A. V. L., PRADO, P, I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. MEGADIVERSIDADE, Volume 1, 2005.

LIMA. J. N. R., ZACCA, T. Lista de espécies de borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de uma área de semiárido na região nordeste do Brasil. *EntomoBrasilis*, v.7, 2014, 33-40p.

MADEIRA, B. G., Diversidade de borboletas frugívoras no norte de Minas Gerais. Tese de doutorado em Entomologia. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. 2004.

MARQUES, T., SCHOEREDER, J. H., Ant diversity partitioning across spatial scales: Ecological processes and implications for conserving Tropical Dry Forests. *Austral Ecology*, Ecological Society of Australia, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Áreas prioritárias para conservação para a Caatinga. 2ª atualização. 2020. Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br/2-atualizacao-dasareas-prioritarias>. Acesso em: 13 de setembro de 2021.

MIRANDA, G. S., DIAS, P, H, S., Biogeografia de vicariância: histórico e perspectivas da disciplina que lançou um novo olhar sobre a diversidade na Terra. *Filosofia e História da Biologia*, v. 7, n. 2, 2012, p. 215-240.

MITTELBACH, G. *Community Ecology*. Sinauer Associates, MA, US, 2012.

NEVES, F. S, SILVA, J. O, ESPÍRITO-SANTO, M. M., FERNANDES, G. W., Insect herbivores and leaf damage along successional and vertical gradients in a tropical dry forest. *Biotropica*, 2014. 46: 14-24p.

NEVES, F. S., SILVA, J. O., MARQUES, T., SOUZA, J. G. M., MADEIRA, B. G., ESPÍRITO-SANTO, M. M., FERNANDES, G. W. Spatio-temporal Dynamics of Insects in a Brazilian Tropical Dry Forest. In: Arturo Sanchez-Azofeifa; Jennifer S. Powers; Geraldo Wilson Fernandes; Mauricio Quesada. (Org.). *Tropical dry forests in the Americas: Ecology, conservation, and management*. 1ª ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, v. 1, 2013, 225-239p.

NEVES, F. S., V. H. F. OLIVEIRA, M. M. ESPÍRITO-SANTO, F. Z. VAZ-DE-MELLO, J. N. LOUZADA, G. A. SANCHEZ-AZOFEIFA, AND G. W. FERNANDES. Successional and seasonal changes in a community of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Brazilian tropical dry forest. *Natureza e Conservação*. 2010, 08: 160-164p.

NUNES, C. A., BRAGA, R. F., RESENDE, F. M., NEVES, F. S., FIGUEIRA, J. E. C., FERNANDES, G. W., Linking biodiversity, the environment and ecosystem functioning: ecological functions of dung beetles along a tropical elevational gradient. *Ecosystems*, 2018.

OLIVEIRA, M. A., GOMES, C. F. F., PIRES, E. M., MARINHO, C. G. S., LUCIA, T. M. C. D., Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 61, 2014 p. 800-807p.

PEREIRA, C. J.; PEIXOTO, R. S.; Levantamento de mamíferos terrestres em uma área de caatinga em Senhor do Bonfim, Bahia. *Revista Brasileira de Zoociências*, Juiz de Fora, Minas Gerais. 2017, 18(3): 33-44p.

PEREIRA, G. C. N., COELHO, M. S., BEIRÃO, M. V., BRAGA, R. F., FERNANDES, G. W., Diversity of fruit-feeding butterflies in a mountaintop archipelago of rainforest. *PLoS ONE* 12(6), 2017, 20p.

PETTIROSSI, N. Riqueza, abundância e composição de espécies de borboletas frugívoras (Lepidoptera, Nymphalidae) da Reserva Florestal Mata de Santa Genebra, Campinas, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (N. Sér.)*, 2009, 25:13-29p.

PIRES, A. C. V., Distribuição de borboletas nectarívoras ao longo do gradiente altitudinal de uma montanha tropical: padrões e mecanismos. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

RIBEIRO, D. B., A guilda de borboletas frugívoras em uma paisagem fragmentada no alto Paraíba-SP. Dissertação de mestrado em Ecologia. Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2006.

RIBEIRO, D. B., PRADO, P. I., Jr. B. K. S., FREITAS, A. V. L. Additive partitioning of butterfly diversity in a fragmented landscape: importance of scale and implications for conservation. *Diversity and Distributions*. Journal compilation. 2008. 14, 961–968p.

ROCHA, K. J., Composição e estrutura de grupos florísticos em fragmento de floresta secundária. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais. Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, Mato Grosso, 2015.

SANTOS, S. R., Proposta de protocolo de monitoramento utilizando borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) como indicadores de impacto ambiental na reserva biológica União/RJ. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

SEMA, Plano de manejo do Parque Estadual das Sete Passagens, Vol. 1., Governo da Bahia, 2008.

SILVA, A. R. M., LANDA, G. G., VITALINO, R. F., Borboletas (Lepidoptera) de um fragmento de mata urbano em Minas Gerais, Brasil, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. *Revista Lundiana*, 2007, 8(2):137-142p.

SILVA, E. G. S. N., Análise de parcimônia de endemismo de borboletas da Caatinga. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, 2019.

SILVA, J. O., ESPÍRITO-SANTO M. M., FERNANDES, G. W., Gallling insect species richness and leaf herbivory in an abrupt transition between cerrado and tropical dry forest. *Annals of the Entomological Society of America*, 2016. 109:705–712p.

SILVA, J. O., LEAL, C. R. O., ESPÍRITO SANTO M. M, MORAIS, H. C. Seasonal and diel variations in the activity of canopy insect herbivores differ between deciduous and evergreen plant species in a tropical dry forest. *Journal of Insect Conservation*. 2017. 21:667–676p.

SILVA, J. S., Comunidades de borboletas frugívoras da Caatinga em ambientes com e sem poluentes gasosos. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, 2018.

SOUSA, L. A.; BAUTISTA, H. P., JARDIM, J. G.; Diversidade florística de Rubiaceae na Serra da Fumaça – complexo de Serras da Jacobina, Bahia, Brasil. 2013. *Biota Neotropica*, vol. 13, núm. 3, 2013, 289-314p.

SPITZER, K., NOVOTNY. V., TONNCR. M. & LEPI, I., Habitat preferences, distribution and seasonality of the buttedies (Lepidoptera, Papipionoidea) in a montane tropical rain forest, Vietnam. *Journal of Biogeography*, 1993. 20:109-121p.

STORCH, D. & GASTON K. J., Untangling ecological complexity on different scales of space and time. *Basic and Applied Ecology*, 2004. 5: 389-400p.

THOMAS. C.D., Habitat use and geographic ranges of butterflies from the wet lowlands of Costa. *Biological Conservation*, 1991., 55:269-281p.

UEHARA-PRADO, M. Efeito de fragmentação florestal na guilda de borboletas frugívoras do planalto atlântico paulista. Dissertação (Mestrado em Ecologia) -Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003 146p.

VALE, M. F. S.; Análise da percepção dos moradores da Serra de Jacobina em relação ao desenvolvimento do ecoturismo associado à educação ambiental. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

VEECH J. A., SUMMERVILLE, K. S., CRIST, T. O., GERING J. C., The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 2002. 99: 3-9p.

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L., LIMA, J.C.A., Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

VERSIEUX, L. M., WENDT, T., LOUZADA, R. B., WANDERLEY, M. G. L., Bromeliaceae da Cadeia do Espinhaço. *MEGADIVERSIDADE*, 2008. Volume 4, Nº 1-2. 13p.

WARDHAUGH, C. W., The spatial and temporal distributions of arthropods in forest canopies: uniting disparate patterns with hypotheses for specialization. *Biological Review*, 2014. 89:1021–1041p.

WIENS, J. J., DONOGHUE, M. J., Historical biogeography, ecology and species richness. Trends in Ecology and Evolution. Vol.19, No.12. 2014, 639-644p.

APÊNDICE – LISTA DE ESPÉCIES COLETADAS EM TODOS OS AMBIENTES DE AMOSTRAGEM NA PORÇÃO SETENTRIONAL DA CADEIA DO ESPINHAÇO. SB = SERRA DA BANANEIRA; SF = SERRA DA FUMAÇA; SM = SERRA DO MAMÃO; PESP = PARQUE ESTADUAL DAS SETE PASSAGENS

Subfamílias/espécies	SB	SF	SM	PESP	Total
BIBLIDINAE					
<i>Hamadryas amphinome</i>	0	2	0	0	2
<i>Hamadryas arete</i>	0	1	0	0	1
<i>Hamadryas arinome</i>	1	0	0	0	1
<i>Hamadryas epinome</i>	1	6	1	8	16
<i>Hamadryas februa</i>	15	27	14	16	72
<i>Hamadryas iphthime</i>	4	1	0	0	5
<i>Biblis hyperia nectanabis</i>	1	5	13	2	21
<i>Eunica tatila</i>	1	0	0	0	1
CHARAXINAE					
<i>Fountainea ryphea</i>	2	4	0	1	7
<i>Fountainea glycerium cratais</i>	1	12	0	0	13
<i>Hypna clytemnestra</i>	16	68	10	6	100
<i>Archaeoprepona demophon</i>	0	1	0	0	1
SATYRINAE					
<i>Ypthimoides ochracea</i>	12	4	0	1	17
<i>Taygetis laches</i>	29	0	2	2	33
<i>Parypthimoides poltys</i>	16	21	5	0	42
<i>Hermeuptychia sp1.</i>	1	2	2	2	7
<i>Ypthimoides celmis</i>	0	0	1	0	1
<i>Caligo beltrao</i>	0	0	0	1	1
NYMPHALINAE					
<i>Colobura dirce</i>	3	0	0	1	4
TOTAL	110	159	48	40	357

Capítulo 4



10.37423/230707987

FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA ÁGUA DE COCO NA PÓS COLHEITA E AS NOVAS TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NA SUA CONSERVAÇÃO.

Tânia da Silva Siqueira

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Paulo Álvaro Brasilino Brasiliano

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Mateus Ferreira Andrade

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Maria Jucélia Pereira de Sousa

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

José Edson da Silva Farias

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Carla Rafaelly Barbosa Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Maria Maria Wilma Pereira Alves Pereira Alves

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Márcia Bruna Marim de Moura

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Luzia Micaele Alves Barbosa

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Naiza Izabela de Barros Santos Nogueira

Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada

Resumo: *Cocos nucifera* (L.) é uma espécie pertencente à família das Arecaceae, que possui como principal produto, a água de coco, detentora de grande importância econômica mundial. O Brasil, destaca-se como um dos maiores produtores do mundo, devido principalmente, às tecnologias empregadas na sua produção. O Nordeste brasileiro é o maior produtor nacional, no entanto, o maior consumo é apontado para a região Sudeste, o que intensifica os problemas com o transporte, em função da alta perecibilidade do produto fora do fruto. Indicando para perda de características organolépticas na qualidade final do produto comercializado. Dadas as referidas constatações, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os fatores que afetam as características da qualidade da água de coco e quais tecnologias recentes envolvidas na sua conservação, a fim de contribuir positivamente com a comercialização desse produto para as outras regiões do país. A água apresenta vários parâmetros que podem sofrer mudanças em todo o processo de produção, como o pH e os sólidos solúveis em °Brix. Além desta, vale ressaltar as características sensoriais, um sabor levemente adocicado, cor, aroma próprio e aparência variando de transparente a translúcido. A manutenção destas características é diretamente dependente da rapidez no processo de envasamento, a fim de evitar a contaminação por microrganismos patogênicos. As tecnologias mais empregadas para melhorar a conservação são a formulação, pasteurização, refrigeração, embalagem com revestimento, ozônio e plasma.

Palavras-chave: Água de coco, Conservação, Características físico-química.

INTRODUÇÃO

Cocos nucifera (L.) é uma espécie pertencente à família das Arecaceae, apresenta um fruto grande, que é aproveitado integralmente. A sua polpa pode ser usada como alimento e matéria-prima para numerosos produtos, as fibras do mesocarpo são usadas na indústria têxtil para fabricação de cordas, capachos, esteiras e estofados. Do endosperma líquido e imaturo, retira-se a água de coco, produto gerado com maior importância econômica (LEITMAN *et al.* 2015).

A nível mundial, a água de coco movimentou cerca de US \$2,04 bilhões, em 2019, com previsões de atingir US\$6,81 bilhões, em 2027 e um crescimento anual de 18,9%, impulsionado pelo aumento na demanda por água de coco como bebida energética natural (BRAINER, 2021).

Atualmente está sendo cultivado em quase todo o país, devido principalmente às tecnologias, condução e manejo dos coqueirais, em sistemas intensivos de cultivo. Variedades melhoradas, a exemplo do tipo anão, promoveram o aumento da produtividade e propiciaram a expansão do cultivo, a junção destes fatores conferiram ao Brasil um rendimento médio de 13.114 kg/ha (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2019).

A região Nordeste é detentora de 80,9% da área colhida de coco do País e 73,5% de sua produção. A segunda maior área de produção de coco está na região Norte, onde prevalece a variedade híbrida. Na atualidade, em função da expansão das lavouras de produção, a água de coco passou a ser vista como um produto industrial de grande expectativa de mercado e com potencial de crescimento imediato, tendo em vista as grandes plantações de coqueiros, que se encontram distribuídas nos perímetros irrigados da região Nordeste do Brasil (JÚNIOR, 2020).

Embora o Nordeste seja o maior produtor nacional, a Região Sudeste ainda é a maior consumidora nacional devido à sua maior concentração populacional e pela maior renda per capita. Assim, o grande desafio das fazendas e indústrias de coco natural no Nordeste é transportar no menor tempo possível e da maneira mais barata possível o produto de uma Região para a outra (STEMBERG, 2016).

Normalmente, a água de coco é transportada dentro do próprio fruto, e essa prática envolve problemas relacionados principalmente a transporte, armazenamento e perecibilidade do produto. A fim de permitir o seu consumo em locais fora das regiões de plantio, é fundamental a sua industrialização, visando diminuir o volume transportado e, conseqüentemente, reduzir os custos de transporte, bem como aumentar a sua vida útil (FROEHLICH, 2015).

No interior do fruto, a sua composição é rica em nutrientes de fácil assimilação, o que propicia o desenvolvimento microbiano, gerando problemas em sua conservação logo após a abertura do fruto. É essencial inibir a ação enzimática através dos métodos de conservação aplicados, para garantir a estabilidade microbiológica da água-de-coco após a abertura do fruto, mantendo assim, suas características sensoriais e conseqüentemente, aumentando a vida de prateleira do produto (FRANÇA, 2020).

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar quais os fatores que afetam a qualidade da água de coco e as tecnologias recentes envolvidas na sua conservação, a fim de contribuir para melhor comercialização desse produto para as outras regiões do país.

DESENVOLVIMENTO

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE COCO

A água de coco-verde (*Cocos nucifera* L.) é uma bebida tropical, natural e bastante consumida devido ao seu potencial refrescante, doce e levemente adstringente, utilizada por muitos como um hidratante natural, repositivo hidroeletrolítico, e com muitas propriedades benéficas à saúde (FROEHLICH, 2015).

Segundo Lima *et al.*, (2015) a água contida no coco verde representa 25% do peso do fruto com volume médio de 400 ml, e a sua composição básica apresentando 93% de água e 5% de açúcares, além de proteínas, vitaminas e sais minerais, sendo uma bebida leve, refrescante e pouco calórica, composta de água, carboidratos, vitaminas, sais minerais, enzimas, aminoácidos, ácidos graxos, ácidos orgânicos e fitormônios.

É por causa dessa composição que a água de coco é um produto que sofre mudanças durante o desenvolvimento do fruto, além do grau de maturação e variedade, outros fatores como região e época do ano também influenciam as características físico-químicas da água do coco verde (YONG *et al.* 2009).

As características físico-químicas mais importantes são os sólidos solúveis em °Brix no máximo de 6,70 e potencial hidrogeniônico (pH) entre 4,3 a 4,5. Além desses parâmetros, essa bebida precisa apresentar qualidade microbiológica satisfatória. A contagem de bolores e leveduras no máximo de 20 UFC/ml, coliformes termotolerantes de até 1 UFC/ml e *Salmonella ssp*, ausente em 25 ml. Necessitam ser mantidas e comercializadas sob condições de resfriamento, à temperatura máxima de cinco graus celsius positivos (MENDONÇA, 2020).

Todas essas características envolvidas na qualidade da água de coco, são abordadas pela Instrução Normativa N° 27, de Julho de 2009, que determina o regulamento técnico para definição de identidade e qualidade da água de coco, como uma bebida não diluída e não fermentada, composta do endosperma, adquirida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), devendo possuir como características sensoriais um sabor levemente adocicado, cor e aroma próprios e aparência variando de transparente a translúcido (BRASIL, 2009).

CONTAMINAÇÕES MICROBIANAS E ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS.

Apesar das inúmeras funções atribuídas à água de coco, contaminações microbianas e alterações bioquímicas podem ocorrer durante a extração e envase do líquido, dificultando sua conservação após a abertura do fruto. Para industrialização e comercialização da água do coco como produto de conveniência, existe a necessidade de aplicação de processos que garantam a estabilidade microbiológica do produto, aumentando sua vida útil e a segurança alimentar (AWUA; DOE; AGYARE, 2011).

E segundo Michelin *et al.* (2014) no interior do frutos, a água de coco encontra-se estéril e estável e torna-se instável quando extraída, podendo ser armazenada por apenas poucos dias à temperatura de 4°C. Embora esteja estéril no seu invólucro natural, a água de coco pode ser altamente perecível devido a sua composição nutricional, possibilitando uma rápida multiplicação microbiana se, no processo de obtenção da água de coco, o fruto for exposto a um ambiente e/ou utensílios contaminados.

No momento da abertura, dependendo das condições higiênicas dos utensílios utilizados para abrir o coco, estes podem incorporar microrganismos ao conteúdo interno (FROEHLICH, 2015).

A manipulação inadequada torna-se um veículo transmissor de doenças por alimentos, devido a possibilidade de se ter elevada contaminação por micro-organismos deteriorantes, conseqüentemente afetando a qualidade das águas de coco por estarem contaminadas com microrganismos patogênicos (SOARES *et al.*, 2017).

E além disso tudo, também se tem alterações nas características bioquímicas, pois da abertura do fruto e envase, ao fechamento das embalagens onde são colocadas água de coco, devem ser realizadas no menor espaço de tempo possível, para preservar as características originais da água, que mesmo sendo refrigerada apresenta perdas sensoriais no produto, conseqüentemente diminuindo a sua vida útil (CABRAL, PENHA e MATTA, 2005).

Segundo Lima *et al.* (2015) a água de coco verde deve ser mantida sob refrigeração até o momento de seu consumo, com a temperatura recomendada para o armazenamento em câmaras de refrigeração ou geladeiras entre 6°C a 10°C. Nessa etapa, também deve ser observado a quantidade de produto no interior da câmara ou geladeira, que não deve ser excessiva, a fim de permitir boa circulação do ar entre as paredes de seus compartimentos e entre as embalagens.

E para que o produto mantenha as suas características de sabor e aparência, é indicado que seja descongelado dentro da geladeira, jamais com métodos alternativos, como o microondas (STEMBERG, 2016).

Assim a temperatura é um fator fundamental para a manutenção da qualidade da água de coco. Segundo Stemberg (2016) após processo de engarrafamento, o produto possui validade de 30 dias enquanto resfriada e de até seis meses quando abaixo de -2°C, temperatura que congela o produto, no entanto o prazo de validade da água de coco refrigerada, dependente das condições de higiene utilizadas no processamento, do tempo decorrido entre a abertura do coco e o envase, e do grau de maturação dos frutos utilizados como matéria-prima (STEMBERG, 2016).

Durante o consumo, ainda podem ocorrer alterações bioquímicas, já que a partir do momento que a água entra em contato com a atmosfera, o produto deve estar com a temperatura abaixo dos 5°C até o consumo do cliente, para assim não haver alteração no sabor, que de acordo com a maioria dos fabricantes, acima dessa temperatura ocorre a oxidação da água de coco (CABRAL, PENHA e MATTA, 2005).

CLASSIFICAÇÃO E DENOMINAÇÃO

Para o melhor conhecimento das tecnologias relacionadas à conservação da água de coco, é necessário saber a classificação e denominações de acordo com a tecnologia empregada, conforme definido no art. 20, do Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que destaca que a água de coco é a bebida não diluída, não fermentada, obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), por meio de processo tecnológico adequado (BRAINER, 2018).

Segundo a classificação e denominação de acordo com o art. 20, do Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, a água de coco integral é o produto definido como a concentração natural de água de coco, sem a adição de água e açúcares, sendo vedado o uso de tal designação para os demais produtos classificados.

Já água de coco padronizada é o produto obtido da água de coco integral, sem adição de água, podendo ser adicionado de açúcares em quantidade igual ou inferior a 1,0% em sólidos solúveis (Brix) no produto final, de água de coco concentrada, de água de coco desidratada ou de outros aditivos alimentares permitidos por legislação específica para adequação ao padrão industrial.

No caso da água de coco concentrada, a mesma destaca-se por ser submetida a um processo tecnológico adequado de concentração de água de coco integral, cujo teor de sólidos solúveis em percentagem (Brix) seja de no mínimo sete por cento (7,0%).

Além das supracitadas, tem-se a água de coco desidratada quando é submetida ao processo tecnológico adequado de desidratação de água de coco integral, cujo teor de umidade seja igual ou inferior a três por cento ($\leq 3,0\%$) e também se tem água de coco reconstituída que é o produto obtido da reconstituição da água de coco concentrada ou desidratada, com adição de água potável ou água de coco, sem a adição de açúcar e deve ser rotulado, com a expressão “produto reconstituído” no painel principal da rotulagem

As águas de coco, quando resfriadas ou congeladas, devem ser envasilhadas, mantidas, transportadas e comercializadas sob as seguintes temperaturas: Resfriadas: à temperatura máxima de cinco graus Celsius positivos (5°C); E congeladas: à temperatura máxima de dez graus Celsius negativos (-10°C).

TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO.

Segundo Michelin *et al.*, (2014) todos os processos produtivos envolvidos com a água de coco, devem ser submetidos a um processo tecnológico adequado que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo.

Já que é um produto que apresenta extrema facilidade de se deteriorar e sofrer alterações irreversíveis, tanto sob o ponto de vista microbiológico quanto bioquímico e químico, deve ser adotado o uso de tecnologias adequadas e devidamente controladas (JÚNIOR, 2020).

Desta forma se busca por meio das tecnologias envolvidas com industrialização da água de coco, a adoção de técnicas que viabilizem, esse produto tanto em termos de logística como também de perecibilidade, permitindo que o produto seja transportado para todos os grandes centros consumidores do mundo, onde a água de coco-verde ganhou o significado de um produto brasileiro rico em potássio e outros minerais de grande importância para a saúde humana (BRAINER, 2018).

Existem várias tecnologias de processamento da água de coco que tem como objetivo, aumentar a vida de prateleira do produto, como por exemplo a conservação de água de coco com adição de conservantes, denominada de “tecnologia tradicional” que é a formulação utilizando a frutose, o ácido ascórbico e cítrico, juntamente com a mistura de conservantes químicos como o metabissulfito de sódio, benzoato de sódio e sorbato de potássio (FERNANDES, 2020).

No entanto, a Embrapa vem desenvolvendo algumas tecnologias em relação aos métodos tradicionais de processamento de água de coco nas etapas de formulação, pasteurização e refrigeração. As principais diferenças entre elas estão relacionadas à formulação (que não utiliza conservantes) ao tratamento térmico (que envolve binômios diferentes de temperatura versus tempo) e à estocagem, que envolve refrigeração em diferentes temperaturas. A formulação visa uniformizar o pH e o Brix da água de coco, padronizando o sabor do produto. Na tecnologia de métodos combinados, a formulação é conduzida em tanque de aço inoxidável, usando-se frutose como agente padronizador de sabor levemente adocicado, e ácido ascórbico, como antioxidante e agente alterador do pH até níveis de 4,5 a 4,7 (FUCK JÚNIOR, ARAÚJO e MAIA, 2019).

Entre essas tecnologias empregadas para aumento na conservação água de coco se tem a pasteurização que segundo Froehlich (2015) é uma alternativa que amplia as possibilidades de comercialização através do produto envasado que pode ficar sobre refrigeração ou congelada, para que não se tenha a mudança da sua coloração quando exposta ao oxigênio.

Segundo França (2020) vem-se utilizando, a fim de melhorar a conservação da água de coco, a embalagem com revestimento ou película comestível, que é produzida geralmente por proteínas, polissacarídeos e lipídios que tem como objetivo formar uma barreira de proteção para os alimentos.

O uso desses revestimentos apresenta resultados positivos, no quesito eficiência, já que com seu uso a água de coco aos 14 dias apresenta a mesma quantidade de sólidos solúveis, conservação da aparência física, e da acidez titulável, e consegue também manter os níveis de pH inferiores aos do grupo controle. Esse revestimento apresenta um aspecto transparente brilhoso valorizando a qualidade do produto, além do que atuam principalmente como barreira de gases e vapor de água, diminuindo a degradação e aumentando a vida de prateleira dos alimentos, através da modificação da atmosfera interna dos frutos (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Segundo França (2020) o uso desses revestimentos possibilita trazer maior retorno financeiro a todo o setor produtor e de beneficiamento do coco, e ainda possibilitar a redução dos danos ambientais,

pois com o uso do revestimento é dispensada a embalagem plástica geralmente utilizada para o armazenamento da água de coco trazendo também economia.

Outra, tecnologia utilizada bastante utilizada é o tratamento térmico tem como objetivo reduzir os níveis de contaminação microbiológica, no entanto já existem tecnologias não térmicas que utiliza o ozônio, plasma e ultrassom que não afeta a qualidade da água de coco e nem as características físico-químicas (DONSINGHA; ASSATARAKUL, 2018).

Porto (2020) reforça que as tecnologias não térmicas, não causa nenhum prejuízo às características físico-químicas e à qualidade visual da água de coco, tanto o ozônio como o plasma não apresentam efeito relevante sobre os principais componentes da água de coco, o ozônio se destaca como um tratamento dos mais adequados para inativação da atividade da enzima a níveis indetectáveis sem alterar o perfil de compostos da água de coco.

Essas inativações são importantes devido a presença de reações enzimáticas após a abertura do fruto, o que faz com que se tenha mudanças de coloração que ocorrem após o processamento e/ou armazenamento da água de coco, sendo um grande problema encontrado pelos envasadores e exportadores de água de coco, permanecendo não elucidados os compostos responsáveis por essa alteração (MENDONÇA, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água de coco é um produto de origem vegetal que apresenta grande importância econômica para o país, no entanto devido às suas característica físico-químicas, sofre facilmente alterações na sua qualidade, principalmente ao se realizar seu manuseio. Com isso, o uso de novas tecnologia existentes como a formulação, pasteurização, refrigeração, embalagem com revestimento, ozônio e plasma são fundamentais para a conservação da água de coco, permitindo que se realize a comercialização para os grandes centros consumidores, sem que se tenha a perda das características de qualidade da água de coco.

REFERÊNCIAS

AWUAH, G. B; RAMASWAMY, H. S; ECONOMIDES, A. Thermal processing and quality: Principles and overview. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(6), 584–602, 2007.

BRAINER, M. S. de C. P. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. Fortaleza: Banco do Nordeste, Caderno Setorial ETENE, Ano 3, n. 61, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009. Procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. Brasília, Diário Oficial da União, 4 de junho de 2009.

CABRAL, L.M.C; PENHA, E.M; MATTA, V.M. Água de coco refrigerada. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF. 2005

DONSINGHA, S; ASSATARAKUL, K. Kinetics model of microbial degradation by UV radiation and shelf life of coconut water. *Food Control*, v.92, p.162-168, 2018.

FRANÇA, M. V. S. Aplicação de revestimentos a base de quitosana e fécula de mandioca na conservação de coco" in natura. TCC. UFERSA2020.

FROEHLICH, Â. Água de coco: aspectos nutricionais, microbiológicos e de conservação. *Saúde e Pesquisa*, v. 8, n. 1, p. 175-181, 2015.

FERNANDES, M. J. *et al.* Aplicação de plasma atmosférico em descarga por barreira dielétrica para descontaminação de água de coco. TCC UFERSA. 2020.

FUCK JUNIOR, S.C.F; ARAUJO, J.B.C; MAIA, C.W.C.P. Conservação de água de coco por métodos combinados. Relatório De Avaliação Dos Impactos Das Tecnologias Geradas Pela Embrapa. EMBRAPA. 2019.

JÚNIOR, S.C de F.F *et al.* Relatório De Avaliação Dos Impactos Das Tecnologias Geradas Pela Embrapa: Conservação de água de coco por métodos combinados. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza-CE, 2020.

LEITMAN, P; SOARES, K; HENDERSON, A; NOBLICK, L; MARTINS, R.C. Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015

LIMA, S. A. J *et al.* Caracterização físico-química de qualidade da água de coco anão verde industrializada. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 1, p. 5, 2015.

MATTA, V.M. Água de coco refrigerada. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF. 2005.

MAGALHÃES, M. P; GOMES, F. S; MODESTA, R. C. D; MATTA, V. M; CABRAL, L. M. C. Conservação de água de coco verde por filtração com membrana. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 1, p.72-77, 2005.

MARTINS, C. R., JESUS JÚNIOR, L. A. DE. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 51 p. 2014.

MENDONÇA, L. P. et al. Caracterização microbiológica, físico-química e de rotulagem de águas de coco envasadas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e273985299-e273985299, 2020.

MICHELIN, A. F. *et al.* Avaliação microbiológica e físico-química da água de coco-verde vendida no comércio ambulante. *Boletim do Instituto Adolfo Lutz* 24(2):7-9, 2014.

OLIVEIRA A. R. *et al.* Uso De Revestimento Comestível Com Blenda Biopolimérica Na Conservação Pós-Colheita De Coco Verde. 59º Congresso Brasileiro de Química, 2019.

PORTO, E. C. M. Efeito da aplicação de tecnologias não térmicas sobre a composição, características físico-químicas e atividade enzimática da água de coco. 2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SOARES, K; MORAIS, D; GÓIS, V; SILVA, J; COSTA, A; SILVA, L. Quality of unprocessed cooled fresh coconut water manually extracted by street vendors. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.84, p. 1-5, 2017.

STEMBERG, I. F. Como transportar de maneira mais eficiente e barata água de coco natural da cidade de Petrolina (PE) para o Rio de Janeiro (RJ). TCC. CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO, 2016.

YONG, J. W. H., GE, L., NG, Y. F., & TAN, S. N. The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos Nucifera* L.) water. *Molecules*, 14(12), 5144–5164, 2009.

Capítulo 5



10.37423/230707992

LOCALIZAÇÃO REMOTA, CLASSIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS EROSÕES NO CINTURÃO VERDE DE ILHA SOLTEIRA

Adriano Souza

*UNESP - Universidade Estadual Paulista -
Campus de Ilha Solteira*

Pedro Afonso França Souza

*IFSP - Instituto Federal de São Paulo -
Campus de Ilha Solteira*

Almerinda Keila de Oliveira da Silva

*UNESP - Universidade Estadual Paulista -
Campus de Ilha Solteira*



Resumo: A intensa exploração do meio ambiente trouxe conseqüências negativas ao solo em áreas agrícolas e ocupações residências em áreas de risco, o desmatamento não controlado, entre outros fatores contribuíram para uma contínua e incansável degradação ambiental. A degradação do solo ocasionou o surgimento de voçorocas, as quais provêm do transporte de material sedimentar do solo para depósitos sedimentares, aparecendo assim grandes fendas no solo. As voçorocas podem causar grandes danos ao meio ambiente e também ao meio antrópico, e é por este motivo, que cada vez mais, estão sendo criados projetos que visam à recuperação de áreas degradadas e a preservação de áreas ambientais. Este trabalho teve como objetivos: localizar, identificar e classificar as erosões existentes na Área do Cinturão Verde do município de Ilha Solteira (SP). O levantamento foi realizado com a plataforma *Google Earth* (GE), que é de acesso livre. O GE trabalha com fotos de satélite de grande precisão, o que tornou possível desenvolver trabalho, e que permitirá nas próximas pesquisas planejar e desenvolver campanhas de campo, com fotos, medidas *in loco* e coleta de amostras *in situ*. Respeitando a precisão das fotos dividimos as erosões em dois grupos: (a) Voçoroca, e (b) Erosão, sendo identificadas nove ocorrências do primeiro grupo e dezesseis do segundo, para as quais foram determinadas as coordenadas, comprimento, largura, área e acompanhadas por uma foto de satélite obtida pelo GE para melhor visualização.

Palavras-chave: Erosão, Degradação do solo, Meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Os processos erosivos estão associados principalmente a fatores do clima, tipo de solo, declividade do terreno e o manejo empregado no solo (LEPSCH, 2010). A erosão acelerada causa degradação marcante nos solos e ocorre em diversas partes do planeta, sobretudo em regiões de clima tropical devido principalmente a falta de boas práticas de manejo (BIGARELLA, 2007; MARCHIORO; AUGUSTIN, 2007).

O solo é um recurso natural e finito e a sua degradação é um dos problemas mais críticos a ser superado. Sulcos, ravinas e voçorocas correspondem à formação de pequenos a grandes buracos de erosão causados pela chuva e intempéries, em solos onde a vegetação é escassa e não mais protege a sua superfície, deixando-o suscetível ao carreamento por enxurradas. Ocorrem praticamente em todo o Brasil e geralmente estão associados: ao uso do solo, ao substrato geológico, ao tipo de solo, às características climáticas, hidrológicas e ao relevo. O desenvolvimento das ravinas e voçorocas é geralmente atribuído a mudanças ambientais induzidas pelas atividades humanas (ALVES *et al.*, 2008). Erosões como as voçorocas podem chegar a vários metros de comprimento e de profundidade, dependendo da propensão do solo em erodir. Solos mais arenosos tendem a sofrer mais com a erosão, e a agressividade do processo erosivo está atrelada a declividade da região e a intensidade das chuvas. As regiões desmatadas são áreas de alta propensão ao aparecimento de sulcos, ravinas e voçorocas. Sobre isso, Ferreira *et al.* (2007) afirma que: “as voçorocas são consideradas um dos piores problemas ambientais em áreas de rochas cristalinas nas regiões tropicais de montanha onde são frequentes e podem alcançar grandes dimensões”.

No Estado de São Paulo, os trabalhos desenvolvidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) mostram que a predominância de erosões lineares está associada aos arenitos com cimentação carbonática, pertencentes às formações Marília e Adamantina do Grupo Bauru. As formações areníticas Caiuá, Santo Anastácio, Pirambóia e Botucatu apresentam menores concentrações de ocorrências erosivas por unidade de área (BACELLAR, 2006). A rápida detecção da formação inicial do sulco de erosão é primordial para o impedimento de seu desenvolvimento, propiciando a intervenção a tempo com a aplicação de procedimentos de bioengenharia de solos.

Um procedimento prático é a utilização da plataforma *Google Earth* (GE), que teve a sua criação em 2005 e desde então se tornou um dos mais populares globos virtuais (BOARDMAN, 2016). Disponibilizada pelo acesso livre e possibilita a visualização da superfície terrestre em três dimensões (3D), medições instantâneas de distâncias, comprimentos e áreas.

O objetivo deste trabalho é de localizar e classificar as erosões do Cinturão Verde do Município de Ilha Solteira (SP) de maneira remota, com o uso de imagens de satélite da plataforma GE, identificando, localizando e cadastrando-as em mapas digitais, montados com fotos de satélites e que futuramente será disponibilizado em na rede social. Trata-se da primeira etapa de um projeto de pesquisa em desenvolvimento por um grupo formado por docente do Departamento de Engenharia da Unesp de Ilha Solteira, alunos de graduação da mesma instituição e um aluno do Instituto Federal de São Paulo – Campus de Ilha Solteira.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado de modo remoto com a utilização de um computador conectado a uma rede de banda larga. A plataforma Google Earth, de acesso livre e disponibilizada no endereço <http://www.googleearth.com>, gerou os mapas digitais de alta resolução a partir de fotos de satélite que paulatinamente são atualizadas e, as fotos anteriores ficam disponibilizadas e podem ser utilizadas em estudos evolutivos. A captura dos pontos de erosão foi feita visualmente, e quando encontradas foram locadas em mapa do Cinturão Verde da Cidade de Ilha Solteira (SP), determinadas as dimensões comprimento, largura média e área, bem como classificadas em voçorocas ou erosões.

Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas as seguintes etapas: i) localização e identificação das erosões; ii) determinação das dimensões das erosões; iii) classificação das erosões, e iv) visita ao campo para verificação visual e classificação da erosão, e v) comparação Google Earth versus campo.

No trabalho de campo foram utilizados os seguintes equipamentos: GPS de navegação e bússola.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a utilização do programa Google Earth foi possível procurar e encontrar voçorocas na área do Cinturão Verde de Ilha Solteira (SP).

Como no programa utilizado é apenas possível analisar a vista superior do terreno, não tendo tanta precisão na medida da profundidade, alguns processos erosivos podem ser confundidos com voçorocas, portanto alguns erros podem ser cometidos. Para controle da precisão do método se fez uma visita de campo em cada ponto registrado, onde se realizou uma classificação in situ.

Antes da realização deste trabalho a equipe foi calibrada, ou seja, foram feitos exaustivos levantamentos com o Goggle Earth no município de Selvíria (MS), seguido da visita de campo, para

apurar o índice de acertos. Cabe ressaltar que este procedimento é de extrema importância e refino ao se utilizar as imagens de satélite fornecidas pelo programa, pois com este treinamento foi possível diminuir os erros de 15% a 5%.

Foram encontradas 9 (nove) ocorrências classificadas como voçorocas e 16 (dezesesseis) ocorrências classificadas como erosão. Para localizá-las foi fixado um marcador no centro de cada erosão, dos quais se obtiveram as coordenadas de cada ocorrência, e para medir o comprimento e a largura média foram tomados os pontos mais distantes. Estas informações estão disponibilizadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Ocorrência, localização e comprimento das voçorocas.

Ocorrência	Latitude	Longitude	L (m)	C (m)	A (m ²)
1	20°23'18.68"S	51°20'34.37"O	2,1	25,2	52,9
2	20°23'01.19"S	51°20'05.92"O	2,6	35,1	91,3
3	20°23'09.30"S	51°20'00.20"O	5,9	48,3	285,0
4	20°23'23.25"S	51°20'28.83"O	2,5	36,1	90,3
5	20°23'31.10"S	51°20'19.07"O	2,8	17,1	47,9

L: largura média da erosão; **C:** comprimento da erosão, e **A:** área da erosão.

Tabela 1. Ocorrência, localização e comprimento das voçorocas - Continuação.

Ocorrência	Latitude	Longitude	L (m)	C (m)	A (m ²)
6	20°23'28.52"S	51°20'18.03"O	3,7	17,2	63,6
7	20°23'34.01"S	51°20'16.07"O	3,2	25,1	80,3
8	20°23'40.93"S	51°20'02.04"O	2,1	142,2	298,6
9	20°23'49.61"S	51°19'52.92"O	76,7	290,1	22.250,7
10	20°22'55.77"S	51°19'58.83"O	18,3	55,2	1010,2
11	20°24'03.10"S	51°19'37.12"O	15,2	53,1	807,1
12	20°24'22.55"S	51°20'14.41"O	16,1	80,3	1292,8
13	20°24'44.14"S	51°19'53.34"O	10,1	48,1	485,8
14	20°23'50.03"S	51°20'04.22"O	1,9	44,1	83,8
15	20°23'54.27"S	51°20'28.92"O	2,3	138,3	318,1
16	20°23'33.65"S	51°20'45.85"O	3,6	50,2	180,7
17	20°23'23.75"S	51°21'30.29"O	8,7	48,2	419,3
18	20°23'56.24"S	51°20'23.30"O	1,8	100,1	180,0
19	20°24'23.72"S	51°21'2.34"O	2,4	91,2	218,9
20	20°24'31.00"S	51°21'4.65"O	3,2	96,2	307,8
21	20°24'43.57"S	51°21'5.95"O	2,9	40,2	116,6
22	20°24'44.96"S	51°21'24.97"O	10,6	25,1	266,1
23	20°24'57.54"S	51°20'38.80"O	2,1	53,2	111,7
24	20°25'2.74"S	51°21'4.09"O	2,8	84,2	235,8
25	20°26'20.77"S	51°20'30.39"O	2,3	73,1	168,1
Área Total das Ocorrências (m²)					29.463,4

L: largura média da erosão; C: comprimento da erosão, e A: área da erosão.





Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
1		EROSÃO	EROSÃO	Correta





Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo - Continuação.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
2		EROSÃO	EROSÃO	Correta
3		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
4		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
5		EROSÃO	EROSÃO	Correta

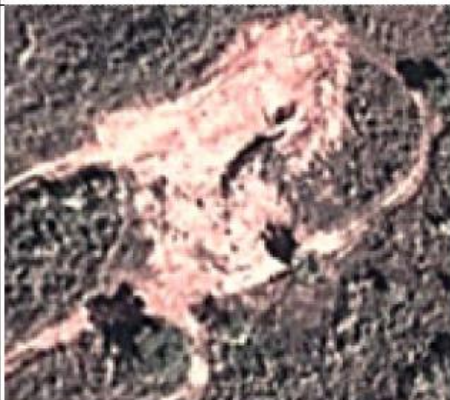


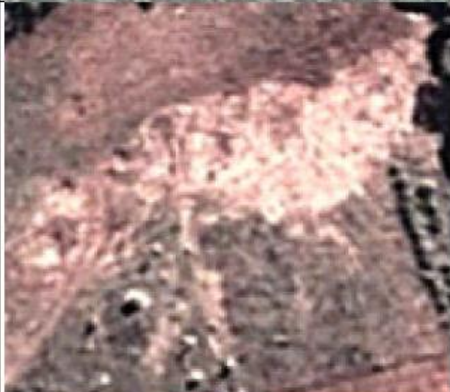
Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo - Continuação.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
6		EROSÃO	EROSÃO	Correta
7		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
8		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
9		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta




Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo - Continuação.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
10		EROSÃO	EROSÃO	Correta
11		EROSÃO	EROSÃO	Correta
12		EROSÃO	EROSÃO	Correta
13		EROSÃO	EROSÃO	Correta





Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo - Continuação.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
14		EROSÃO	EROSÃO	Correta
15		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
16		EROSÃO	EROSÃO	Correta
17		EROSÃO	EROSÃO	Correta





Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo - Continuação.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
18		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
19		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta
20		EROSÃO	EROSÃO	Correta
21		EROSÃO	EROSÃO	Correta

Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

Tabela 2. Fotos das erosões e análise Google Earth versus campo Continuação.

Ocorrência	Foto	Google Earth	Campo	Avaliação
22		EROSÃO	EROSÃO	Correta
23		EROSÃO	EROSÃO	Correta
24		EROSÃO	EROSÃO	Correta
25		VOÇOROCA	VOÇOROCA	Correta

Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

A Tabela 1 mostra que foram localizadas 25 ocorrências que totalizam uma área de 29.463,4 m², dos quais 5.573,4 m² foram classificados como erosões (18,9%) e 23.890,0 m² como voçorocas (81,1%), de acordo com a Tabela 2.

A Tabela 2 mostra que das 25 ocorrências 16 foram classificadas como erosão (64%) e 9 como voçorocas (36%).

Neste trabalho a identificação das 25 ocorrências feitas com o Google Earth coincidiu com o observado no campo, determinando um acerto de 100%.

CONCLUSÕES

Da pesquisa podemos concluir que:

(a) Os problemas oriundos das voçorocas são diversos, e seus danos podem gerar grandes prejuízos em áreas rurais e urbanas.

(b) Iniciado o processo erosivo, que tende a ser progressivo, é importante e necessário que estudos regionais sejam realizados, com o intuito de localizar, identificar, analisar e propor as melhores formas de prevenir ou recuperar as áreas erodidas com menor custo possível.

(c) Foram evidentes as erosões na área do estudo, permitindo a localização, identificação, localização, determinação das dimensões e classificação das mesmas.

(d) Foram identificadas 25 ocorrências que totalizam uma área de 29.463,4 m².

(e) Dos 29.463,4 m² de ocorrência 5.573,4 m² são de erosões (18,9%) e 23.890,0 m² são de voçorocas (81,1%)

(f) Das 25 ocorrências 16 foram de erosões (64%) e 9 de voçorocas (36%).

(g) O índice de acerto foi de 100%, mas neste método pode ocorrer em média 5% de erro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.; ROCHA, E.; RODRIGUES, S. O. Estudo do desenvolvimento da voçoroca a partir da análise quantitativa e qualitativa de vazão e sedimentos transportados. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, Goiania, SINAGEO, UGB, Anais, Goiania, 2006, 11p.

BACELLAR, L. A. P. Processos de Formação de Voçorocas e Medidas Preventivas e Corretivas. Viçosa, 30 slides. 2006.

BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 2ª ed., Florianópolis: Editora UFSC, 2007, 425p.

BOARDMAN, J. The value of Google Earth™ for erosion mapping. *Catena*, v. 143, 2016, p. 123-127.

FERREIRA, R. R. M.; FERREIRA, V. M.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R. Origem e evolução de voçorocas em Cambissolos na bacia do alto Rio Grande, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, Gramado, SCBS, Gramado, 2007, Cd Rom.

GOOGLE EARTH (2016). Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 7 mar. 2016.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 216p.

MARCHIORO, E.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Dimensão de parcelas experimentais: influência nas medidas de escoamento superficial e erosão do solo em Gouveia (MG). *Revista Geografias*, v. 3, n. 2, 2007, p. 7-16.

SOUZA, A.; MARQUES, A. P.; LIMA, C. G. R.; D'ALMEIDA JÚNIOR, A. J. C. Mapeamento de voçorocas no Cinturão Verde de Ilha Solteira (SP). In: Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 13, Poços de Caldas, Anais, 2016, 8p.

Capítulo 6



10.37423/230707995

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA COMUNIDADE RURAL CURRAL NOVO, EM SÃO JOSÉ DE MIPIBU-RN

Maria Juliana de Goes Cortes

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte*

Rômulo Wilker Neri de Andrade

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte*



Resumo: Queimar, enterrar e/ou jogar resíduos sólidos em corpos d'água ou em vazadouros a céu aberto são atitudes comuns usadas em áreas rurais de muitos municípios brasileiros, visto o descaso e a ausência do saneamento rural. Partindo dessa problemática, este trabalho objetivou conhecer e propor diretrizes para o gerenciamento de resíduos sólidos na comunidade rural Curral Novo, em São José de Mipibu – Rio Grande do Norte. Para tanto, o estudo de caso obteve informações primárias, por meio de visitas in loco e de entrevistas informais com moradores, associação de moradores e com a Secretaria Municipal de Obras, e secundárias, por meio de análise documental. Os resultados mostraram que a coleta de resíduos sólidos só é realizada na via principal da comunidade, que é uma rodovia estadual, e que, devido a isso, alguns moradores queimam seus resíduos; a associação de moradores não realiza ações de educação ambiental; e a prefeitura municipal não tem um plano de expansão da coleta na zona rural. A partir dos resultados, percebeu-se que não há o manejo adequado dos resíduos sólidos na comunidade e, por isso, os moradores acabam por buscar soluções paliativas sem o devido cuidado ambiental. Para tal problema, torna-se necessário o desenvolvimento de um programa de parcerias entre prefeitura e associações de moradores rurais, visando a reestruturação do gerenciamento de resíduos sólidos rurais no Plano Municipal de Saneamento Básico.

Palavras-chave: Associação de Moradores. Educação Ambiental. Gestão Participativa e Colaborativa. Resíduos Sólidos Rurais.

1 INTRODUÇÃO

As polêmicas sobre os problemas da distribuição dos resíduos sólidos é uma situação muito antiga, e se agravou, a partir do momento em que o homem se fixou em um local e criou uma comunidade. Diante dessa situação as soluções encontradas eram despejar os resíduos em locais distantes das comunidades, ou nos rios para que as correntezas os levassem para outras regiões (Guimarães & Assis, 2014).

No Brasil, os municípios trabalham a gestão dos resíduos sólidos de forma centralizada e direta, ou seja, a população gera o resíduo e busca colocá-lo o mais distante possível, criando uma falsa sensação de dever cumprido (Rede Neperma Brasil, 2020). Esse tipo de gestão pública, não preparada à população para agir como agente ativo na gestão dos resíduos e preservação do meio ambiente.

Essa problemática chega a ser agravada na zona rural, pois a maioria dos municípios não consegue atender a população que vive mais afastada dos centros urbanos. Segundo o Relatório Saneamento 2020 do Instituto Água e Saneamento (IAS), 76,4 % da população que vive na zona rural não é atendida por coleta de resíduos sólidos ou o atendimento é precário, evidenciando o déficit em saneamento básico, no eixo resíduos, a esse público (Whately, Lerer & Jardim, 2020).

A ausência ou precária gestão dos resíduos sólidos na zona rural, no que tange a coleta e destinação, leva a população a manter a cultura de queimar os resíduos, enterrar no próprio quintal e/ou, até mesmo, jogar às margens dos rios. De acordo com Kazubek (2010), os hábitos de queimar ou despejar resíduos sólidos a céu aberto, provoca a contaminação do meio ambiente, no que tange o solo, a água e o ar, como também impactos visuais e a proliferação de doenças.

A população rural convive há décadas com a autonomia na gestão dos resíduos sólidos que ela mesma produz. Porém, nas últimas décadas, os resíduos sólidos gerados em unidades rurais vêm se assemelhando aos gerados em áreas urbanas, com muito mais plástico, metal e vidro, material que deve ser direcionado a reciclagem.

Na comunidade de Curral Novo, localizada na zona rural do município de São José de Mipibu, estado do Rio Grande do Norte (RN), a situação não é diferente, pois a comunidade convive, até hoje, com essa problemática em relação à gestão dos resíduos, que, apesar de existir a coleta, não é suficiente para atender a demanda e a população de Curral Novo, tornando-se parcial, pois alguns moradores não são contemplados.

O modo que os moradores da zona rural destinam os seus resíduos, apresenta-se como um ato comum, pois, por acharem que é pouca a quantidade de resíduos que produzem, não seria o suficiente para causar danos ao meio ambiente (Freire et al., 2016). Uma solução seria a implantação da coleta seletiva na zona rural, promovendo a Educação Ambiental (EA) e a segurança daqueles que residem na comunidade (Durazzini & Paradelo, 2010).

Partindo da problemática exposta, o presente trabalho objetivou conhecer e propor diretrizes para o gerenciamento de resíduos sólidos na comunidade rural Curral Novo, em São José de Mipibu-RN, apresentando a destinação dos resíduos produzidos; descrevendo as dificuldades de se fazer a coleta dos resíduos em alguns locais da comunidade; e identificando as presentes e futuras ações de educação ambiental promovidas pela associação de moradores e prefeitura municipal. Para assim, após apresentação da realidade local, propor práticas e/ou estratégias que favoreçam a gestão dos resíduos junto a associação dos moradores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

O avanço da economia, agregada ao consumo exacerbado, provocam vários impactos socioambientais. A expansão do sistema produtivo, somado a exploração dos recursos naturais, acaba gerando uma grande quantidade de materiais, que retornam para o meio ambiente em forma de resíduos (Demajorovic, 2013).

O conceito de resíduos sólidos no parecer de Fiorentin (2002, p. 45) “sofre alterações no tempo e o que era constituído como resíduo há 20 anos, hoje pode não ser mais”. O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB, 2002) traz resíduo sólido como todo e qualquer material produzidos por meio de atividades realizadas pelo ser humano que não há mais utilidade. O que corrobora com o conceito apresentado por Dias e Vaz (2002), em que resíduos sólidos são todos os materiais desprezados pelas atividades domésticas, serviços e comerciais e, dependendo de sua origem, podem ser considerados perigosos por apresentar riscos ao ser humano e ao meio ambiente, como os de origem hospitalar e ambulatorial.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), através da Norma Brasileira (NBR) 10.004:2004, define os resíduos sólidos e semissólido, como resultado de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Como também os provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles que são gerados em equipamentos e

instalações de controle de poluição, bem como alguns líquidos devido a algumas particularidades que não os permitem ser lançados na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis. A norma ainda dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente.

De acordo com Lopes (2003), as políticas de diminuição dos resíduos sólidos no Brasil ainda são insuficientes, pois a maioria dos administradores municipais estão mais preocupados em dispor os resíduos o mais distante possível e não com os impactos que podem causar ao meio ambiente. Para Lima (2004), as ações se tornam limitantes, também, devido à escassez de recursos técnicos e financeiros, muito comum em pequenos municípios brasileiros.

A Lei nº 11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, instituiu como diretrizes para a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: o planejamento, a regulação e fiscalização, a prestação de serviços com regras, a exigência de contratos precedidos de estudo de viabilidade técnica e financeira, definição de regulamento por lei, definição de entidade de regulação, e controle social assegurado. Incluindo como princípios a universalidade e integralidade na prestação dos serviços, além da interação com outras áreas como recursos hídricos, saúde, meio ambiente e desenvolvimento urbano (Brasil, 2007).

No que consta no Panorama dos Resíduos Sólidos 2020 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), no Brasil, ao longo dessa última década, concluíram que os recursos para ampliar e modernizar os serviços e sua execução foram insuficientes para atender a demanda, principalmente nesse último período o qual teve um aumento significativo na produção dos resíduos. O panorama demonstra, que os recursos que foram aplicados, não acompanharam a demanda e ainda continuam limitados, e mesmo assim precisam dar conta de mais resíduos que a cada ano que passa aumenta a produção e os recursos não são o bastante para atender a demanda (ABRELPE, 2020).

Devido a carência crônica em recursos neste setor, os pequenos e médios municípios encontraram dificuldades em se estruturar adequadamente ao que determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, quanto a elaboração de planos de resíduos sólidos que contemplassem a extinção de lixões e instalação de aterros sanitários até 2014, implantação de coleta seletiva, qualificação dos ex-catadores de materiais recicláveis, entre outros. Porém, vários

municípios não conseguiram nem elaborar os seus planos, tão pouco, eliminar seus lixões no prazo determinado (Brasil, 2010).

Após muita discussão, a Lei nº 14.026/2020, que valida o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, entrou em sanção e permitiu mais tempo para que os municípios possam se enquadrar a legislação, prorrogando o prazo para extinção dos lixões até 2024, de acordo com a população de cada município. Além disso, o novo marco prevê a universalização dos serviços de saneamento até 2033 (Brasil, 2020).

Torna-se importante destacar que os planos municipais de resíduos sólidos devem contemplar o manejo dos resíduos em toda extensão de um município, ou seja, nas zonas urbana e, principalmente, rural. Como disse Roversi (2013, p. 25), “ao contrário da população urbana, os habitantes do meio rural nem sempre possuem sistema de coleta de lixo ou de esgoto”.

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS NA ZONA RURAL

O descarte indevido dos resíduos produzidos na zona rural, mais precisamente, em unidades rurais, apesar de ter um destaque menor ao comparar com os lixões, também podem ocasionar grandes impactos ambientais, principalmente, se as embalagens de agrotóxicos e de medicamentos veterinários estiverem entre os resíduos.

Os resíduos sólidos produzidos na zona rural são caracterizados, em uma parte, por resíduos domiciliares, visto a inclusão de produtos industrializados, semelhantes aos produzidos na cidade, enquanto a outra parte é composta, segundo Renk (2012, p. 90), por “[...] insumos, subprodutos, restos de produção agrícola, restos de rações e suplementos de alimentação animal, dejetos e entulhos de construção civil, oriundos das diferentes atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas nas propriedades rurais”. Darolt (2002) complementa essa relação com dejetos de animais e produtos veterinários, além de resíduos de máquinas agrícolas, entre outros.

A zona rural começou a se modificar com a implementação de produtos agrícolas modernos, Teixeira (2005, p. 40) alega que as inovações tecnológicas que ocorreram no campo “deram um novo direcionamento às atividades produtivas do País, que passaram a incorporar novas técnicas e equipamentos produtivos”, que geram mais resíduos, sendo estes, não encontrados na zona rural no século passado.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Brasil tinha quase 30 milhões de pessoas vivendo em áreas rurais em 2010, o que significa, aproximadamente, 8,1 milhões de domicílios nessas localidades que, em maioria, não são atendidos pelo saneamento básico (Melo,

2019), principalmente quando se trata de coleta e destinação final dos resíduos sólidos. Acredita-se que esses números sejam ainda maiores no presente ano, 2021, e, mesmo com o avanço tecnológico na área rural, ainda se observa um déficit de apoio ao pequeno agricultor quanto ao convívio sustentável no meio rural.

A coleta de resíduos sólidos inorgânicos só atende 23,6 % das unidades rurais (Whately, Lerer & Jardim, 2020) e a destinação final, quando não há coleta, é realizado no terreno da própria unidade, sendo direcionados a uma vala e queimados em seguida, ocasionando diversos impactos ambientais, como, por exemplo, contaminação de solo e corpos hídricos, poluição do ar, distúrbio dos ecossistemas, entre outros. Esse problema se torna maior quando relacionamos as embalagens vazias de agrotóxicos, que, segundo a PNRS, deveriam retornar ao produtor, por meio da logística reversa (Brasil, 2010).

A PNRS traz a logística reversa como sendo um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou dar a destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010). Ou seja, a logística reversa nada mais é do que a devolução dos resíduos sólidos pelos consumidores, aos respectivos destinatários, para que possam ser reciclados, reutilizados ou direcionados a disposição final adequada (Siqueira, 2012).

Para se ter uma ideia do problema das embalagens vazias de agrotóxicos no meio rural, em 1999, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) divulgou dados de uma pesquisa sobre o destino das embalagens vazias de agrotóxicos no país, realizada pela Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF), e verificou que a grande maioria das embalagens eram descartadas sem nenhum controle, causando impactos ambientais (Reinato, Garcia & Zerbinatti, 2012). Isso acontecia devido as informações da bula que vinha junto ao produto ao ser comprado, ela orientava sobre como acondicionar essas embalagens na unidade rural – a indicação mais comum era o enterro, seguindo uma série de procedimentos técnicos pouco aplicados pelos agricultores, e a incineração (Sato, Carbone & Moori, 2013). Logo, criou-se o hábito/cultura de abrir uma vala e queimar também esse tipo de resíduos.

Com a criação da Lei Federal nº 9.974/2000, que dispõe sobre o manejo e descarte das embalagens de agrotóxico, foram então determinadas responsabilidades para: o agricultor, o canal de distribuição, o fabricante e o poder público durante todo o ciclo de destinação final das embalagens vazias de

agrotóxicos (Brasil, 2000). Porém, para sua efetividade, ainda cabe um processo de conscientização de todos os envolvidos. Diante disso, Rocha et al. (2012, p. 701) afirmam que, “a conscientização dos moradores da área rural é fundamental para uma transformação do modo de pensar e agir frente aos problemas ambientais”.

Diante da discussão, fica evidente a negligência, em alguns casos, do poder público quanto a questão dos resíduos sólidos, principalmente na zona rural e de pequenos municípios, como São José de Mipibu, visto a precária ou inexistente coleta básica, devido à baixa densidade populacional ao comparar com o centro urbano, cidade.

2.3 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM SÃO JOSÉ DE MIPIBU-RN

O município de São José do Mipibu está localizado a cerca de 37 km da capital potiguar, Natal, na mesorregião Leste Potiguar e na microrregião Macaíba, limitando-se com os municípios de Macaíba, Parnamirim, Nísia Floresta, Arês, Brejinho, Monte Alegre e Vera Cruz, com uma área de 293 km² (CPRM, 2005). De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), de 2019, o município se divide em 18 (dezoito) unidades de planejamento, urbana e rural, que favorecem o diagnóstico e o desenvolvimento de ações de saneamento básico, como coleta de resíduos sólidos e distribuição de água.

No município, o Diagnóstico Técnico Participativo Preliminar, que faz parte do PMSB, realizado em 2019, mostrou que 13 (treze) unidades rurais, de 17 (dezessete), são contempladas com a coleta de resíduos sólidos uma ou duas vezes por semana, dependendo da localidade, sendo inexistente nas demais (PMSB, 2019). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014), o município apresentou uma taxa de cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares no total de 44,4% da população total, ou seja, da zona urbana e rural, e com relação a população urbana chegou a cerca de 96,9% de cobertura com o serviço de coleta domiciliar direta, o chamado porta a porta.

De acordo com o PMSB (2019), até 2014 o município não possuía tratamento de resíduos sólidos. Só a partir da aprovação da Lei Complementar nº 039, em 30 de dezembro de 2014, que instituiu o Código de Meio Ambiente do Município, como também a Política e o Sistema Municipal de Meio Ambiente, resultado da pressão exercida pela legislação ambiental federal, que as questões ambientais começaram a ganhar espaço nas discussões em âmbito municipal.

A referida lei complementar objetiva proteger o meio ambiente e minimizar as consequências de ações que possam devastar e causar danos ao meio ambiente, através da proteção, preservação,

conservação e controle ecologicamente do meio ambiente, para usufruto da população de forma sadia e com qualidade de vida e desenvolvimento sustentável para a geração atual e futuras (SEMURB, 2015).

Hoje, o município possui um aterro controlado (Figura 1), operado pela prefeitura, o qual todos os resíduos produzidos têm como destinação final. O aterro fica localizado na comunidade de Manimbú (Malhada), distante aproximadamente 3 km do núcleo urbano (PMSB, 2019). Lá, os resíduos são despejados em uma área preparada para o espalhamento e posterior cobertura com argila, utilizando o auxílio de um trator de esteiras e uma máquina tipo retroescavadeira (PMSB, 2019).

Além disso, no município não há associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis, como determina a PNRS. Esse serviço de coleta de material reciclável é feito por catadores diretamente no aterro controlado, que separam os materiais que podem ser reaproveitados dos demais resíduos. E até o momento não existe nenhum projeto em ação ou em planejamento com relação aos resíduos sólidos.

Figura 1 – Aterro Controlado de São José de Mipibu-RN.



Fonte: Autores (2021)

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para o estudo é Curral Novo uma comunidade rural do município de São José de Mipibu-RN, situado na rodovia RN-307, oeste do município, a cerca de 15 km de distância do centro da cidade. A comunidade possui em torno de 98 habitações e uma população com mais de 250 habitantes, onde a maioria reside próximos a rua principal, tendo como principal atividade econômica a agricultura familiar, com a plantação de batata, feijão, mandioca e milho, além da criação de alguns animais, como gado de corte, vacas leiteiras, galinhas, carneiros e porcos.

3.2 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O presente trabalho se caracteriza por um estudo de caso de cunho qualitativo, organizado em três etapas: levantamento de informações; organização e discussão das informações; e propostas de ações/estratégias ambientais. Para Fonseca (2002), esse tipo de estudo procurar compreender e mostrar o ponto de vista dos participantes ou uma perspectiva pragmática em uma perspectiva global do objeto de estudo.

A primeira etapa, realizada nos meses de maio e junho de 2021, constituiu-se do levantamento de informações locais e bibliográficos em plataformas, como o Google Scholar, na busca de referências que dessem ênfase na construção e aperfeiçoamento do respectivo artigo. Ainda nesta etapa, buscou-se informações sobre a atuação da prefeitura de São José de Mipibu na gestão de resíduos na zona rural, mais precisamente na comunidade de Curral Novo, por meio de e-mail, destinado a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano (SEMURB) e a Secretaria Municipal de Obras (SEMOB), e no site da prefeitura. Em paralelo, o presidente da associação de moradores e 4 (quatro) representantes da comunidade foram entrevistados quanto ao manejo de resíduos sólidos em suas residências e na comunidade, vivências e o papel que cada um exercia como cidadão.

Na segunda etapa, organizou-se as informações obtidas em eixos, com a finalidade de facilitar a discussão: Gestão dos Resíduos na Comunidade (o papel da associação de moradores e atuação da prefeitura); Relato dos Moradores (a visão sobre resíduos sólidos e os métodos de manejo adotados); e Propostas de Gestão (em curso ou previstas).

E por fim, a terceira etapa, que a partir da conclusão, possibilitou propor ações e/ou estratégias que permitirão a gestão dos resíduos sólidos na comunidade de Curral Novo, a conscientização ambiental dos moradores e a preservação dos recursos naturais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 GESTÃO DOS RESÍDUOS NA COMUNIDADE

A prefeitura de São José de Mipibu, por meio da SEMOB, tem um contrato com uma empresa terceirizada, que oferece os serviços de varrição, congêneres, acondicionamento, coleta, transporte, transferência e disposição final dos resíduos (PMSB, 2019). Porém, dentro dos serviços realizados pela empresa, apenas o de coleta de resíduos é oferecido para a comunidade de Curral Novo, que acontece apenas uma vez por semana, aos sábados pela manhã.

No mesmo dia da coleta de resíduos sólidos em Curral Novo, a empresa terceirizada realiza também a coleta em comunidades circunvizinhas, na ordem: Ribeiro, Manimbu, Caeiras, Curral Novo e Laranjeiras dos Abdias. Ao chegar na comunidade a equipe, com um caminhão compactador, coleta apenas os resíduos que estiverem nos, aproximadamente, 15 pontos da rua principal (Figura 2), que também é a rodovia RN-307, pois não se acessa nenhuma outra rua para fazer coleta.

Figura 2 – Pontos de coleta de resíduos sólidos na comunidade Curral Novo, São José de Mipibu-RN.



Fonte: Autores (2021)

A maioria dos resíduos sólidos produzidos na comunidade de Curral Novo, são de origem domiciliares e, ultimamente, vem se assemelhando muito com os resíduos produzidos nos centros urbanos, que contemplam, não só resto de comidas, cascas de frutas e verduras, mas também embalagens plásticas e vidros, papelão, pilhas, lâmpadas, etc. Esse são coletados semanalmente.

Outros tipos de resíduos como restos de construção civil, pedaços de madeiras, embalagens de agrotóxicos, entre outros, não são coletados pela equipe de coleta e cabe a população dar destinação a esses resíduos. Há produtores que juntam as embalagens vazias de agrotóxicos aos resíduos domiciliares para serem coletados pelo caminhão. Em outros casos, esses resíduos são queimados.

Segundo Darolt (2002), nas propriedades rurais a melhor maneira de fazer o tratamento dos seus resíduos sólidos de forma correta, seria por meio da separação por categoria, como vidro, papel, papelão, metais e resíduo orgânico, e a realização da coleta seletiva. Outra alternativa dentro da unidade rural, seria a reciclagem e/ou reuso que utilizam alguns resíduos como matéria prima para criar outros produtos, seguindo a filosofia da permacultura, que, além de reduzir o volume de resíduo, ainda serve como fonte de renda (Roversi, 2013).

Todos os resíduos domiciliares que são coletados na comunidade do Curral Novo e nas comunidades vizinhas, têm como destinação final o aterro controlado que fica localizado no Sítio Malhada, a cerca de 4 km da comunidade. Entende-se por aterro controlado, como sendo um local de disposição final

de resíduos inadequado, pois o único procedimento realizado é o recobrimento dos resíduos com uma camada de solo (Brasil, 2010), que, na ausência de manutenção do aterro controlado, pode vir a se tornar um lixão. Diferentemente do aterro sanitário que, Fiorillo (2011) informa que “são os locais especialmente concebidos para receber lixo e projetados de forma a que se reduza o perigo para saúde pública e para segurança”.

O aterro sanitário é um local para onde os resíduos que não podem ser reaproveitados são destinados. O descarte desses resíduos tem que ser realizado em um local estruturado, “que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível” (Barros, 2012, p. 172), além da estrutura para a captação, armazenamento e tratamento dos lixiviados/chorume e biogás.

4.2 RELATOS DOS MORADORES

As entrevistas realizadas com os moradores, teve como objetivo verificar o destino dado aos resíduos orgânicos, reciclados e perigosos produzidos por eles, como também, conhecer um pouco da realidade local quanto a coleta de resíduos e a importância da coleta seletiva pela associação de moradores.

Ao serem questionados sobre os resíduos orgânicos (resto de comida, cascas de frutas e verduras, plantas e folhas secas), todos informaram que reaproveitam os restos de comida como alimento para os animais e que as cascas de frutas e verduras podem ser direcionadas aos animais ou a hortas, servindo como adubo. Já as plantas e folhas secas, podem ser direcionadas, também, a horta, no caso do morador que não tem coleta em sua residência, ou colocadas diretamente na sacola de lixo, para serem coletadas e levadas para o aterro controlado do município.

Com relação aos resíduos reciclados, alguns separam latinhas, garrafas plásticas e de vidros para serem coletados por um morador da comunidade vizinha, que vende esse material na cidade, os outros resíduos, como papelão e papel, por exemplo, são acondicionados junto aos demais resíduos para a coleta, caso haja, ou para a queima.

Com relação aos resíduos perigosos, como lâmpadas, pilhas, baterias, eletrônicos, entre outros, para os que tem acesso a coleta, são colocados juntos aos outros resíduos para serem coletados, e os que não tem acesso a coleta, enterram ou queimam, pois, a comunidade não tem coletores especiais para esses tipos de resíduos, como papa pilha e papa lâmpadas. Ficou evidente em algumas falas, que eles sabem que esses resíduos não deveriam ser enterrados ou queimados:

A gente faz aqui uma coisa errada, como lâmpada, pilha e essas coisas, a gente joga no lixo. Por não ter coleta, a gente queima, mas, às vezes, a gente enterra. Queima, depois faz um buraco e enterra. Os equipamentos eletrônicos, a gente joga fora também.

Morador C (sem coleta na residência)

Os moradores, que são pequenos agricultores, não sabiam que as embalagens vazias de fertilizantes e agrotóxicos deveriam ser entregues ao estabelecimento onde foram adquiridos, para que tenham destinos adequados, como determina a PNRS. Sendo assim, eles reutilizam os recipientes em outros fins, descartam juntos aos resíduos domiciliares para serem coletados ou os queimam.

Quanto a coleta de resíduos sólidos realizada pela prefeitura na comunidade, todos os moradores relataram que apenas um dia para a coleta é insuficiente, devido a demanda de resíduos que ficam acumulando durante a semana. Além disso, há relatos de semanas que a coleta não é realizada. O caminhão passa, mas não para, como colocado por um morador:

Uns 15 dias atrás eu estava na principal e vi quando o carro passou e quando voltou ainda ficou o saco do lixo, a mesma coisa aconteceu onde eu estava presente. Passou, não pegou, voltou, não pegou. Veio cheio demais e foi embora.

Morador C (sem coleta na residência)

Os Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD), como portas, restos de paredes, armários velhos, entre outros, não são coletados. Porém, a prefeitura disponibiliza contatos, por e-mail e telefone, para que esse tipo de resíduo seja coletado por uma equipe diferenciada, mas o serviço só atende a zona urbana. Eles relatam que pelo menos uma vez na semana era para passar um caminhão coletando esses resíduos, pois acabam sendo queimados ou jogados em terrenos baldios:

O caminhão só coleta o lixo normal, se for entulhos ou poda eles não levam, eles pegam os outros lixos que a gente bota lá, mas os outros eles deixam lá no mesmo lugar, e deveria ter um caminhão pra levar esses entulhos, porque se eles não levam a gente não tem onde deixar, a solução é queimar ou então deixa lá mesmo.

Morador D (com coleta na residência)

Aos que não tem seus resíduos coletados devido à dificuldade de acesso, foi proposto, na entrevista, como alternativa, um ponto de acondicionamento dos resíduos para serem coletados e todos acharam que seria uma opção muito adequada, pois contemplaria as residências que não têm coleta.

Um morador relatou não levar os seus resíduos para o ponto de coleta de uma residência, na rua principal, para evitar transtorno com outros moradores, devido ao mau cheiro e, até mesmo, ter os resíduos espalhados por animais que passam na rua e rasgam os sacos. Um ponto de

acondicionamento externo para coleta, como um Ecopontos com bombonas ou Pontos de Entrega Voluntária (PEV), evitaria a queima ou o aterramento dos resíduos, conseqüentemente, preservaria o meio ambiente.

De acordo com Resch, Matheus e Ferreira (2012), os ecopontos são pontos de coleta e entrega voluntária de pequenos volumes de resíduos, grandes objetos e resíduos recicláveis, que o município pode dispor de forma gratuita conforme cada tipo de resíduos. Esse tipo de sistema, além de auxiliar na coleta seletiva, faz com que a população aprenda a separar seus resíduos recicláveis dos outros resíduos que são produzidos no dia a dia (Monteiro et al., 2001).

Outra proposta aos moradores é que a Associação dos Moradores implantasse um programa de coleta seletiva dos resíduos sólidos na comunidade, pois a mesma não realiza nenhum tipo de ação ambiental. O programa de coleta seletiva promoveria a conscientização ambiental, a preservação do meio ambiente e serviria de fonte de renda para a associação ou grupo de catadores associados. Segundo relato de morador:

Seria muito bom. Até porque, em vez da gente estar jogando esse material, que pode ser reciclado, no lixo, a gente teria um lugar para poder direcionar e eles aproveitarem, fazer material que possa servir para alguém... como reciclagem mesmo. Tem muita gente que faz muito projeto, artesanato e outros.

Morador A (com coleta na residência)

4.3 PROPOSTAS DE GESTÃO

De acordo com a Rede Neperma Brasil (2020), a maioria dos municípios brasileiros adotam a gestão centralizada de resíduos sólidos, o que não é sinônimo de gestão eficiente, pois a disputa de poder, a má resolução dos serviços sanitários e a quebra de políticas públicas devido a troca de governo, coloca em risco toda a população e o meio ambiente.

A participação popular nas tomadas de decisões é o ponto principal para uma gestão eficiente. Essa corresponsabilidade social visa, também, estimular o senso crítico ambiental da população rural quanto o seu papel nos processos que envolvem ações descentralizadas de gestão e/ou autogestão dos resíduos sólidos, que proporcionem a preservação ambiental (Silva et al., 2019). É preciso promover a ideia de que o resíduo sólido não é rejeito, mas sim, matéria-prima.

A inovação social em áreas rurais, por meio do cooperativismo, de implantação de tecnologias sociais e educação ambiental, surge como alternativas de desenvolvimento sustentável, a partir da ruptura de paradigmas que visam mitigar os impactos ambientais. Para tanto, é importante destacar a

permacultura, a agroecologia, o sistema agroflorestral, entre outros, como modelos de agricultura e manejo ecológico que buscam produzir menor impacto entre a relação homem-natureza no campo.

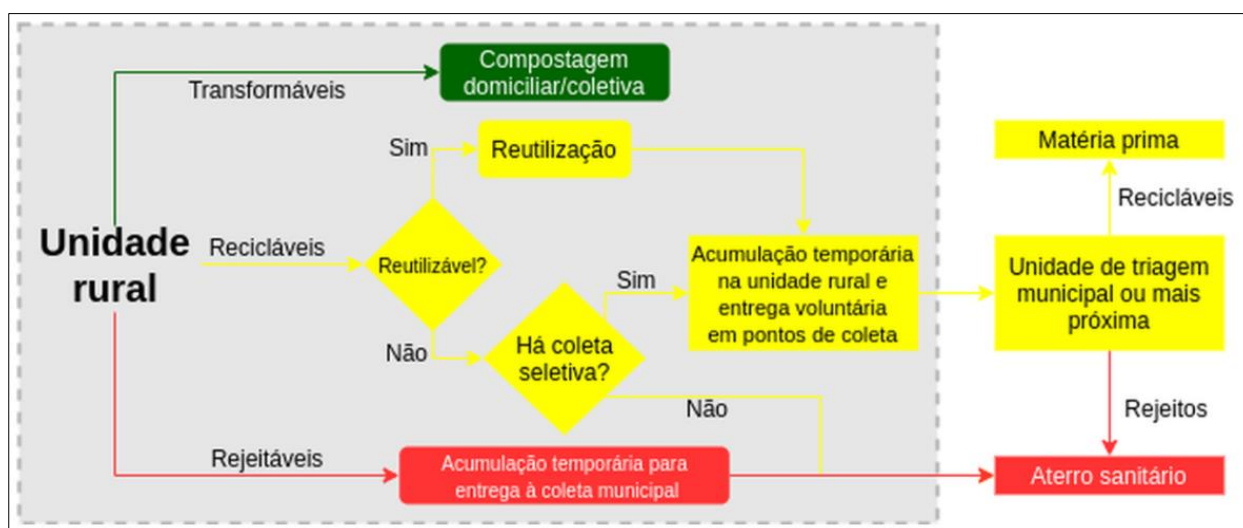
A permacultura, de acordo com o artigo de Melo (2019), “diz respeito ao planejamento de um ambiente que funcione como um ecossistema, sem desperdiçar os seus recursos e com harmonia e integração entre os elementos”. Neste entendimento em que uma unidade rural se caracteriza como ecossistema, a gestão dos resíduos sólidos se relaciona ao tamanho de consumo de energia gasto para que a matéria-prima volte ao ciclo produtivo, conhecidas como zonas energéticas (Rede Neperma Brasil, 2020).

Nesse contexto, entram as ações de educação ambiental, que buscam a conscientização da população, aqui rural, por meio da lógica dos 5R's ou TERRA. Essas ações podem ser prestadas pela associação de moradores ou por uma cooperativa local. Vale lembrar que é crucial a parceria dessas entidades com os governos municipais e/ou estadual.

A política dos 5 R's (repensar, recusar, reduzir, reutilizar, reciclar), de acordo com Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2021), compreende um processo educativo que objetiva a mudança de hábitos do cotidiano dos cidadãos, partindo de valores e práticas que buscam diminuir o consumo exagerado e o desperdício.

Já a lógica TERRA (transformar, encaminhar, recusar ou repensar, reciclar, aproveitar), para a Rede Neperma Brasil (2020), também é uma abordagem educativa que segue a linha dos 5R's. Porém, seguindo as propostas da permacultura em relação as zonas energéticas, além de adotar o recusar, repensar e reciclar, aborda a possibilidade de transformação e aproveitamento dos resíduos, e entende que nem tudo poderá voltar ao ciclo, sendo assim alguns resíduos devem ser encaminhados ao devido tratamento e/ou destino final adequado (aterro sanitário).

As abordagens educativas na zona rural pode-se organizar em três tipos (Figura 3): os resíduos transformáveis, que compreendem os que podem ser incorporados à unidade rural; os resíduos recicláveis, que envolvem aqueles que devem ser utilizados ao máximo dentro da unidade rural, antes de serem direcionados à coleta seletiva externa; e os resíduos rejeitáveis, que são aqueles que não se enquadram dentro das condições anteriores e que devem ser direcionados ao aterro sanitário ou incineração (Rede Neperma Brasil, 2020).

Figura 3 – Sistema simplificado ideal de gestão de resíduos sólidos em uma unidade rural.

Fonte: Rede Neperma Brasil (2020) e Funasa (2019)

O Plano Nacional de Saneamento Rural (PNSR), em seu documento central, conforme Melo (2019, p.12),

[...] mostra a importância de se desenvolver instrumentos de comunicação que favoreçam a apropriação das soluções pelas populações rurais, para que se tornem sustentáveis, mas, também, reforçando a necessidade de responsabilização do poder público pelas ações necessárias à garantia dos direitos humanos.

Parcerias entre as associações de moradores das comunidade rurais de São José de Mipibu e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano no que tange o planejamento participativo no sistema de manejo de resíduos, pode favorecer a criação de ecopontos, para a população que mora distante das áreas de coleta, como já citado neste trabalho; criação de um plano de rota de coleta domiciliar mais robusto, que contemple os RCC e as embalagens vazias de agrotóxicos; e implantação de coleta seletiva na comunidade, com coletores para materiais recicláveis e pontos de pilhas, baterias e lâmpadas.

A coleta seletiva, para muitos, vem sendo considerada a melhor forma de solucionar o problema do resíduo sólido, pois, por meio dela, pode-se separar os resíduos recicláveis dos não-recicláveis. Assim, o que era um problema ambiental, deixa de ser, e se apresenta como uma fonte de renda e geração de empregos (Ferreira, 2011).

Além da coleta seletiva, há diversas tecnologias sustentáveis viáveis para a gestão de resíduos sólidos que podem ser adotadas nas próprias unidades rurais. Entre elas, para os resíduos orgânicos, a

biodigestão e a compostagem surgem como alternativas dentro do ciclo curto de energia, já para os resíduos inorgânicos, irá depender do tipo de resíduos gerado.

As ecoconstruções, também conhecidas como construções sustentáveis, podem ser definidas como práticas de gerenciamento responsável de resíduos em um contexto construtivo específico, fundamentadas em princípios ecológicos e focadas na redução de impactos ambientais (Santesso, 2013). Essas construções se destacam por sua capacidade de agregar valor ao utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis, minimizando a demanda por matéria-prima virgem. Na elaboração das ecoconstruções, são comumente utilizados materiais como garrafas de plástico e vidro, madeira e cerâmicas provenientes de reuso, tijolos quebrados, tintas ecológicas, pneus usados, entre outros (Figura 4). É relevante ressaltar que determinados resíduos podem ser aproveitados na construção de canteiros destinados a plantio ou paisagismo.

Figura 4: Exemplos de ecoconstruções.



Fonte: Autores (2019, 2021)

Todos as estratégias e os tratamentos de resíduos sólidos discutidos neste trabalho visão inserir o problema, ao ciclo de produção como matéria-prima, seguindo o que determina a PNRS, no artigo 3º, Parágrafo VII - destinação final ambientalmente adequada “que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes [...]” (Brasil, 2010).

5 CONCLUSÃO

Visando atingir os objetivos deste trabalho, por meio de visitas in loco, de entrevistas informais e da análise documental, ficou claro a ausência de mecanismos que promova a preservação ambiental na zona rural de São José de Mipibu, mais precisamente na comunidade Curral Novo, objeto desse estudo. A entrevista realizada com alguns moradores foi de suma importância, pois possibilitou conhecer o posicionamento dos moradores com relação ao manejo dos resíduos sólidos, além de promover o debate sobre o assunto que, muitas vezes, passa por despercebido.

Mesmo se tratando de uma pequena área, o somatório dos impactos ambientais provenientes pela carência no gerenciamento dos resíduos sólidos na comunidade pode gerar problemas em curto e longo prazo para quem ali vive. Por isso, é importante que a gestão pública tenha noção dos problemas existentes no local e que, por meio de parcerias e participação popular, busque estruturar o gerenciamento de resíduos sólidos rurais no Plano Municipal de Saneamento Básico, propondo soluções mitigadoras que assegure a proteção das pessoas e, conseqüentemente, a preservação do meio ambiente.

O desenvolvimento e aplicação de ações de saneamento, no tocante aos resíduos sólidos rurais, de natureza tecnológica, de gestão e de educação, individuais e/ou coletivos, buscam mitigar a ausência do poder público, na maioria dos casos, e atender as expectativas da população rural, garantindo a promoção da qualidade de vida na zona rural, a aplicação da legislação vigente, a preservação ambiental e, dependendo da situação, a geração de renda para aqueles que trabalharem direto ou indiretamente na gestão dos resíduos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). Norma Brasileira nº 10.004 – Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2020). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: ABRELPE.
- Barros, R. T. V. (2012). Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Tessitura.
- Brasil. (2000). Lei nº 9.974 de 06 de junho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Brasil. (2007). Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Brasil. (2020). Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. (2005). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São José de Mipibu, estado do Rio Grande do Norte / Organizado [por] Mascarenhas, J. C.; Beltrão, B. A.; Souza Junior, L. C.; Pires, S. T. M.; Rocha, D. E. G. A.; Carvalho, V. G. D. Recife: CPRM/PRODEEM.
- Darolt, M. R. (2002). Lixo Rural: Entraves, Estratégias e Oportunidades. Ponta Grossa: IAPAR-Instituto Agrônômico do Paraná.
- Demajorovic, J. (2013). Cadeia de reciclagem: um olhar para os catadores. São Paulo: Editora Senac.
- Dias, S. M. F.; Vaz, L. M. S. (2002). Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos: uma etapa preliminar no gerenciamento do lixo. In: XXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitaria y Ambiental, 2002, Cancun. Anais... Cancun: AIDIS.
- Durazzini, A. M. S.; Paradelo, E. S. (2010). Lixo Rural no Brasil: a problemática da destinação correta de embalagens vazias de agrotóxicos e a realização de coleta seletiva. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 2, n. 2, p. 57-63.
- Ferreira, R. C. (2021). Educação Ambiental e Coleta Seletiva de Lixo. <http://cenedcursos.com.br/meio-ambiente/educacao-ambiental-e-coleta-seletiva-do-lixo/>.
- Fiorentin, O. (2002). Uma proposta de consórcio para gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na unidade de receita da Costa Oeste pela Companhia de Saneamento do Paraná. 2002. 93 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Fiorillo, C. A. P. (2011). Curso de Direito Ambiental Brasileiro. São Paulo: Saraiva.
- Fonseca, J. J. S. (2002). Metodologia da Pesquisa Científica. Apostila. Fortaleza: UEC.
- Freire, E. A.; Rolim, F. S.; Lustosa, F. P. G.; Sousa, F. J. D. A. (2016). Problemática da destinação dos resíduos sólidos no território rural: o caso do Sítio Boi Morto. Revista Ciência e Sustentabilidade – CeS, Juazeiro do Norte, v. 2, n. 2, p. 51-62.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. (2019). Programa Nacional de Saneamento Rural: Encaminhamentos para sua implementação. In: X Seminário de Gestão dos SISARS e Centrais. 2019, Salvador. Anais... Salvador: Sisar.

Guimaraes, P. D.; Assis, C. M. (2014). Avaliação do Processo de Implantação do Aterro Sanitário no Município de Ribeirão das Neves – MG. In: 5º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). Cidades: São José de Mipibu. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/sao-jose-de-mipibu/panorama>.

Kazubek, M. (2010). O problema do lixo. <http://www.hojecentrosul.com.br/colunas/o-problema-do-lixo-rural>.

Lima, L. M. Q. (2004). Lixo: tratamento e biorremediação. 3 ed. São Paulo: Editora Hemus, 2004.

Lopes, A. A. (2003). Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP). 2003. 194f. Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. DOI:10.11606/D.18.2003.tde-06062005-163839.

Massukado, L. M. (2008). Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. 2008. 204f. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. DOI:10.11606/T.18.2008.tde-18112008-084858.

Melo, S. (2019). Saneamento Rural: desafio que exige novas soluções. Revista DAE, São Paulo, n. 220, v. 67, p. 6-14. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.052>

MMA.MinistériodoMeioAmbiente.(2021).Apolíticados5R's.<http://www.mma.gov.br/comunicacao/it-em/9410>.

Monteiro, J. H. P.; Figueredo, C. E. M; Magalhães, A. F.; Melo, M. A. F.; Brito, J. C. X; Almeida, T. P. F.; Mansur, G. L. (2001). Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal.

PMBS – Plano Municipal de Saneamento Básico. (2019). Programas, Projetos e Ações. São José de Mipibu: UFRN.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. (2002). Resíduos Sólidos Urbanos: Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades. (Org.) Castilhos Junior, A. B.; Gomes, L. P.; Pessin, N. Rio de Janeiro: RiMa, ABES.

Rede Neperma Brasil. (2020). Resíduos Sólidos Rurais. Nota técnica. Brasil: Rede Brasileira de Núcleos e Estudos em Permacultura. <https://redepermacultura.ufsc.br/residuos-solidos-rurais/>.

Reinato, R. A. O.; Garcia, R. B. G.; Zerbinatti, O. E. (2012). A Situação Atual das Embalagens Vazias de Agrotóxicos no Brasil. Revista Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 4, p. 79-94, out/dez.

Renk, J. J. (2012). Diagnóstico da destinação dos resíduos recicláveis e perigosos na área rural de Ilha Solteira/SP. 2012. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

Resch, S.; Matheus, R.; Ferreira, M. F. (2012). Logística reversa: o caso dos ecopontos do município de São Paulo. *Revista Eletrônica Gestão e Serviços*, v. 3, n. 1.

Rocha, A. C.; Ceretta, G. F.; Botton, J. S.; Baruffi, L.; Zamberlan, J. F. (2012). Domestic solid waste management in rural areas: the reality of the municipality of Pranchita - PR. *Revista de Administração da UFSM*, v. 5, p. 699–714. DOI: <https://doi.org/10.5902/198346597657>

Roversi, C. A. (2013). Destinação dos resíduos sólidos no meio rural. 2013. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22738>.

Santesso, C. A. (2013). Estudo da viabilidade técnica/econômica no aumento da eficiência energética sustentável aplicada à residência unifamiliar. 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. <http://hdl.handle.net/11449/120957>.

Sato, G. S.; Carbone, G. T.; Moori, R. G. (2013). Práticas Operacionais da Logística Reversa de Embalagens de Agrotóxicos no Brasil. São Paulo: Senac.

SEMURB – Secretaria de Meio Ambiente e Planejamento Urbano. (2015). Código do Meio Ambiente de São José de Mipibu.

Silva, B. B.; Nogueira, C. D.; Andrade, M.; Silveira, R. B.; Rezende, S. (2019). Evidenciando experiências positivas em saneamento básico: visões do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). *Revista DAE*, São Paulo, n. 220, v. 67. doi: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.056>.

Siqueira, L. N. (2012). Dos princípios e instrumentos da política nacional de resíduos sólidos. *Revista Virtual da Faculdade de Direito Milton Campos*, Nova Lima, v. 10.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2021). Painel de Saneamento: São José de Mipibu. http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/residuos_solidos/mapa-indicadores.

Teixeira, J. C. (2005). Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas*. ISSN 1808-2653, v. 1, n. 2, p. 21-42. <https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/1339>.

Whately, M.; Lerer, R.; Jardim, A. (2020). Saneamento 2020: presente, passado e possibilidades de futuro para o Brasil. São Paulo: Instituto Água e Saneamento.

Capítulo 7



10.37423/230707996

PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE MILHO SUBMETIDO A DIFERENTES MANEJOS DE ADUBAÇÃO

Mateus Ferreira Andrade

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Tânia da Silva Siqueira

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Neurisvaldo dos Santos Alves

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Jéssica da Silva Xavier

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Pedro Henrique da Silva Nascimento

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Tiago dos Santos Cabral

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Douglas Nogueira Lima

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Jaison José da Silva

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Évio Alves Galindo

Instituto Federal de Pernambuco

Josimar Bento Simplicio

*Universidade Federal Rural de
Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra
Talhada*

Resumo: A cultura do milho é de grande importância para a agricultura brasileira, com proeminência a alimentação humana e animal. A máxima eficiência de uma cultura está diretamente relacionada às técnicas de manejo empregadas, especialmente no que diz respeito ao suprimento da exigência nutricional da mesma. Desta forma, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produção de biomassa do milho (*Zea mays*) em função das diferentes formas de adubação. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2, o primeiro fator correspondendo as formas de adubação, sendo adubação de fundação e cobertura no plantio (AFCP) e adubação de fundação e cobertura em estágio V4 (AFCV), com cinco repetições, totalizando 20 unidades experimentais. O milho foi semeado com uma semeadora adubadora modelo Baldan de quatro linhas, e ao decorrer do experimento foram feitas aplicações de produtos químicos para manejo de ervas daninhas, pragas e doenças. A colheita foi realizada 80 dias após a emergência, sendo avaliado a produção de biomassa por planta (BDP, g), produção de biomassa por espiga (BPE, g) e produção total de biomassa (Prod. T.ha⁻¹). O híbrido B2612PWU teve uma maior produção de biomassa quando a adubação foi feita de forma parcelada, ao passo que o híbrido B2782PWU apresentou maior rendimento de biomassa quando comparada ao B2612PWU, bem como, maior produtividade quando adubado com fundação e cobertura no momento do plantio.

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas se caracterizam pela má distribuição de chuvas e ocorrência em um curto período de tempo. Desta forma, a produção agropecuária destas regiões torna-se uma atividade de risco, principalmente para a produção de grãos ou de forragem para alimentação animal (CARVALHO, 2013).

O milho pertence à família Poaceae, é originário da América Central e cultivado em praticamente todas as regiões do mundo, tanto em climas úmidos quanto em regiões secas (ENDRIGO, 2015). O mesmo, está entre os cereais mais produzidos do mundo, devido sua boa adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e sua responsividade aos diferentes sistemas de cultivo e manejo (RANGEL, 2022). Assim, surge como uma alternativa para produção de silagem, haja vista, o processo de ensilagem ser uma ótima estratégia de estocagem e conservação alimentar com alto valor nutritivo, de maximização do uso da terra e melhoria na rentabilidade do sistema produtivo (MELLO et al., 2005).

No estado de Pernambuco, a irregular distribuição espaço-temporal do regime pluviométrico traz insegurança quanto ao bom desenvolvimento vegetativo das lavouras de milho (CONAB, 2023).

De acordo com o relatório da FAO (2023), ao longo da última década, a produção e a exportação de milho do Brasil sofreram um boom fantástico: a produção total aumentou de pouco menos de 52 milhões de toneladas em 2007/08 para quase 98 milhões de toneladas em 2017/18. Para a safra 2022/23, a Conab prevê uma produção total de 123,4 milhões de toneladas de milho, um aumento esperado de 9,1%, comparando-se à safra anterior, com um total de 113.130 toneladas (CONAB, 2023).

A produtividade média da cultura aponta uma crescente necessidade no incentivo a tecnificação do manejo da cultura do milho na localidade, especialmente no que tange a implantação de lavouras irrigadas, uma vez que o município encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, no Domínio Hidrogeológico Intersticial e Fissural, sendo favorecido pela existência de 741 pontos de tomada d' água (BELTRÃO et al., 2005).

Além de desenvolver-se bem em cultivo irrigado o milho é uma cultura altamente exigente em elementos nutritivos e geralmente responde a altas adubações (PEREIRA FILHO, 2010).

Nessa perspectiva, a produção de milho torna-se uma alternativa, devido ao seu potencial de uso, tanto no consumo humano quanto animal, na forma de grãos e silagem, que é hoje o tipo de forragem

mais usado no Brasil, devido aos elevados teores proteicos e energéticos, além do fornecimento de um grande volume de alimento palatável com alta digestibilidade (SCHELER e CAVICHIOLI, 2021).

Entretanto, para se atingir altas produtividades a cultura necessita de potencial genético da semente, manejo adequado e boas condições climáticas (PEREIRA FILHO, 2010; NEUMANN, 2019). Geralmente o manejo de adubação vem sendo feito utilizando-se para a adubação de base, o fornecimento de NPK (nitrogênio (N₂), fósforo (P₂O₅), e potássio (K₂O)) que são os macronutrientes essenciais para a maioria das culturas vegetais, uma vez que constituem a maioria dos compostos e reações bioquímicas, sua concentração nos tecidos vegetais é de grande importância para a produção. (SIMÃO Et al., 2018; MOREIRA Et al., 2019)

O milho é uma das culturas que mais esgota os nutrientes do solo (Resende et al., 2016) e possui alta resposta produtiva, em função do suprimento de nutrientes fornecidos pela adubação, que geralmente é feita em quantidades, formas e épocas erradas (NEUMANN et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a implicação do manejo da adubação na produção de biomassa de dois híbridos de milho cultivados em área irrigada, hipotetizando que a época de adubação influencia na produção de biomassa do milho.

METODOLOGIA

LOCAL DO EXPERIMENTO

A presente pesquisa, foi desenvolvida em condições de campo, em uma lavoura irrigada no município de São José do Belmonte (latitude 07°51'41" sul e a uma longitude 38°45'35" oeste), localizado na mesorregião do Sertão pernambucano, estando inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido nordestino (BELTRÃO et al., 2005). O município encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema a uma altitude de 486 metros (BELTRÃO et al., 2005) e precipitação anual média de 676 mm (APAC, 2023).

O solo da área experimental é classificado como de ordem Neossolo, subordem Quartzarenico, do grande grupo ortico, subgrupo típico, de textura arenosa, horizonte A moderado, relevo plano e suave ondulado (PRANOSOLOS, 2022). A área total corresponde a 1 hectare, cada parcela possui uma área útil de 5 metros quadrados.

ANÁLISE QUÍMICA E PREPARO DO SOLO

Trinta dias antes do plantio foi realizada uma coleta de solo na camada de 0 a 20 cm para análises químicas laboratoriais (tabela 1). Para instalação do experimento o solo foi preparado com uma aração e uma gradagem na profundidade de até 20 cm.

Tabela1. Análise química inicial do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 e 20-40cm, São José do Belmonte, PE. 2022.

Amostras (cm)	P mg/dm ³	PH (H ₂ O)	cmolc/dm ³								CTC	V%	m%
			Ca	Mg	Na	K	Al	H	S				
0-20	2,3	5,6	1,35	0,66	0,01	0,23	0	1,13	2,25	3,38	66,58	0	
20-40	2	4,99	1,36	0,61	0,02	0,2	0,37	1	2,19	3,58	61,08	14,5	

Fonte: Plant Soil, Laboratórios.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram dispostos no delineamento em blocos ao acaso (DBC) em esquema fatorial de 2x2, sendo o primeiro fator, dois cultivares de milho (B2612PWU e B2782PWU) o segundo fator corresponde a duas formas de adubação (1- Adubação de fundação + adubação de cobertura no momento do plantio e 2- adubação de fundação + cobertura em estágio V4), totalizando 4 tratamentos, com seis repetições e 24 unidades experimentais.

IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura do milho foi realizada de forma mecanizada com uma semeadora-adubadora modelo Baldan de 4 linhas, no dia 19 de outubro de 2022, utilizando-se os híbridos B2782PWU e B2612PWU. O espaçamento utilizado foi de 75 cm entre linhas e 20 cm entre plantas, resultando em um estande final de 66.667 sementes por hectares.

APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

A recomendação de adubação para a cultura foi de 400 kg/há de NPK (13-33-08) em fundação e 400 kg/há de NPK (19-09-19) em cobertura. Sendo o fertilizante aplicado de acordo com cada tratamento, as parcelas correspondentes a adubação de base e cobertura no plantio, foram adubadas, sendo a adubação de fundação feita pela semeadora-adubadora, e a adubação de cobertura, feita a lanço no

dia do plantio nas respectivas parcelas, para os tratamentos de adubação parcelada, a aplicação da cobertura foi realizada quando as plantas estavam em estágio V4.

IRRIGAÇÃO E MANEJO DA LAVOURA

A lamina de irrigação foi calculada com base na Etc diária da cultura, pelo método proposto pela FAO56 com os dados da fornecidos pelo INMET, da estação meteorológica automática da UFRPE-UAST, situada em Serra Talhada, PE. Para manejo de plantas daninhas foi utilizado glifosato + atrazina, nas doses de 3 e 4 l/há respectivamente, para controle de doenças foi realizado a aplicação de Picoxistrobina + Ciproconazol 600ml/há, em estágio V9 e para controle de insetos pragas foi feita aplicação de Metomil 600ml/há em estágio V6.

COLHEITA E DETERMINAÇÃO DE PRODUÇÃO DE BIOMASSA

A colheita da biomassa foi feita quando o milho estava em estádios de R4 a R5. No momento da colheita aferiu-se o estande de plantas de cada parcela, a fim de determinar o peso médio de biomassa por planta (g), posteriormente toda a biomassa foi colhida e pesada para determinação da produção de biomassa por hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

ANALISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos ao teste de F para análise de variância (ANAVA), e posteriormente comparou-se as médias dos tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, através do software estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A produção de biomassa sofreu influência significativa em função da forma de adubação, o híbrido B2782PWU foi mais produtivo em relação ao B2612 nas duas formas de manejo, produzindo em média 16,96% a mais. Isto está relacionado a características do híbrido, como, maior precocidade e potencial produtivo. Souza et al. (2017) avaliando o efeito de dosagens de esterco caprino e a disponibilidade de água no milho, obtiverem resultados semelhantes aos deste estudo.

A diferença de produtividade dos híbridos pode estar relacionada a capacidade fotossintética e capacidade de absorção de nutrientes, pois isto pode variar em função do material e segundo Deprá et al., (2016) estes são os fatores que definem o potencial produtivos das lavouras.

Quanto a biomassa de espigas (BPE) o híbrido B2782PWU se sobressaiu aos demais tratamentos, apresentando um maior peso no manejo de adubação com fundação e cobertura no plantio, isso ocorreu devido o híbrido apresentar maior potencial produtivo. Além disso, à planta já tinha nitrogênio disponível no solo em estágio V3 estágio em que o milho determina seu potencial total de produção, conforme dito por Silva et al., (2005) e Okumura et al., (2011), fatores como o manejo adequado da dose de nitrogênio a ser aplicada, a fonte nitrogenada e época de aplicação do fertilizante nitrogenado tem grande influência no aproveitamento deste nutriente pelo milho e conseqüentemente na produtividade da cultura.

A maior produtividade de biomassa ocorreu no híbrido B2782PWU que apresentou uma produção superior em 29% comparado com o híbrido B2612PWU com adubação de fundação e cobertura no plantio, que foi a menor produtividade de biomassa.

Duarte e Cantarella (2006) compararam a aplicação da dose total de N apenas na semeadura e por ocasião da semeadura amplificado pela dosagem em cobertura, no estágio de cinco folhas, verificaram que o parcelamento foi fundamental para obtenção de melhores produtividades em solo arenoso, todavia, pouco efetivo em ambiente de baixo potencial produtivo e solo argiloso. Assim, o manejo de adubação deve ser pensado também em função da textura do solo, uma vez que a maior resposta de produção de biomassa ocorreu no tratamento com adubação de fundação e cobertura no plantio. Contudo o trabalho apresentou resultados contrários aos obtidos por Duarte e Cantarella (2006), haja vista o solo do local do experimento apresenta textura arenosa (PRANOSOLOS, 2022).

Tabela 2. Valores médios de: biomassa de planta (BDP, g), biomassa de espiga (BDE, g) Produtividade de biomassa de (Prod. Kg.ha⁻¹) plantas de milho em função das diferentes formas de adubação. São

José do Belmonte- PE, 2022.

Variáveis	Adubação				CV(%)
	AFCP		AFCV4		
	Híbridos				
	B2612PWU	B2782PWU	B2612PWU	B2782PWU	
BDP (g)	475,5bB	708,5aA	542,50aA	518bB	2,15
BDE (g)	395,75bA	519aA	371,75aA	375,75aB	12,15
Prod. (T.ha⁻¹)	56,75bA	80,00aA	59,25aA	58,00aB	5,92

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaborada por autores.

CONCLUSÃO

1- A adubação feita totalmente no momento do plantio mostrou ser mais eficiente para produção de biomassa no Híbrido B2782PWU.

2- O híbrido B2612PWU teve uma maior produção de biomassa quando a adubação foi feita de forma parcelada.

3- O híbrido B2782PWU apresentou maior rendimento de biomassa quando comparada ao B2612PWU.

In: CASSÁN, F. D.; GARCIA, S. I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, p. 87-95, 2008.

DEPRÁ, M.S., LOPES, S.J., NOAL, G., REINIGER, L.R.S., COCCO, D.T. Modelo logístico decrescimento de cultivares crioulas de milho e deprogênes de meios-irmãos maternos em função dasoma térmica. *Ciência Rural*, v.46, n.1, p.36-43, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140897>

ENDRIGO, P.C. Fitotoxicidade de herbicidas em função do manejo do nitrogênio no milho. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

Fancelli AL, Tsumanuma GM (2007) Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: Silvia TY, Abdalla RS, Vitti GC (Eds.) *Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira*. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, p. 445-482.

FAO. Brasil deve se tornar o segundo maior exportador global de milho. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1194128/>. Acessado em: 20/02/2023.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, Marinna Fabiane Lourenço et al. CAPÍTULO 1 ALIMENTOS BIOFORTIFICADOS: ASPECTOS NUTRICIONAIS, TECNOLÓGICOS E APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS. *Ensino, Pesquisa e Extensão em Engenharia de Alimentos*, p. 1. 2006.

Magalhães PC, Durães FOM (2006) *Fisiologia da produção de milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).

MARÓSTICA, Luiz Hemílio Bom; FEIJÓ, Sandra. Efeito da Adubação Foliar no Período Vegetativo da Cultura do Milho (*Zea may*). *Uniciências*, v. 17, n. 1, 2013.

MOREIRA, Rodrigo Cardoso; DE ASSIS VALADÃO, Franciele Caroline; JÚNIOR, Daniel Dias Valadão. Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 62, 2019.

NEUMANN, M et al. Avaliação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura em milho para silagem. *Agrarian*, v. 12, n. 44, p. 156-164, 2019.

Okumura RS, Mariano DC, Zaccheo PVC (2011) Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão Ricardo Shigueru. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 4:226–244

PEREIRA FILHO, Israel Alexandre et al. *Cultivo do milho*. Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

PRONASOLOS. Programa Nacional de Solos do Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pronasolos>. Acessado em > 20 de Fevereiro de 2023.

RANGEL, B. et al. Formulações de adubos nitrogenado e potássico aplicados em diferentes épocas de cobertura em cultivo de milho. *Dissertação de mestrado*. 2022.

SCHELER, E. D. CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. Viabilidade de silagem de milho para o gado leiteiro. Revista Interface Tecnológica, v. 18, n. 1, p. 265-275, 2021.

SILVA EC, BUZETTI S, GUIMARÃES GL, LAZARINI E, SÁ ME (2005) Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. Revista Brasileira de Ciência do Solo 29:353-362.

SIMÃO, EDUARDO DE PAULA et al. Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 17, n. 1, p. 76-90, 2018.

SOUZA, F.M., LIMA, E.C.S., SÁ, F.V.S., SOUTO, L.S., ARAÚJO, E.J.S., PAIVA, E.P. Crescimento inicial do milho sob doses de esterco caprino e disponibilidade de água no solo. Rev. Verde. v. 12, n. 2, p. 241-245, 2017b.

Capítulo 8



10.37423/230708000

ANÁLISE DE UM MODELO PARA OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Alexandre Morelli Alves de Oliveira

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Ana Raquel Faccioli

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Letícia Maria Miquelin

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Edilaine Martins Soler

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”



Resumo: Os sistemas de abastecimento de águas são de grande importância a toda população, mas também são responsáveis por uma parcela significativa do consumo energético global, sendo as bombas hidráulicas suas principais consumidoras. Para estas empresas, o valor da energia elétrica é diferenciado de acordo com as horas do dia, sendo de fundamental importância o planejamento do horário da operação das bombas de modo a reduzir os custos energéticos da empresa. Este trabalho tem como objetivo implementar e avaliar a aplicabilidade de um modelo matemático de otimização para sistemas de abastecimento de água que tem como objetivo minimizar os gastos com energia elétrica através do planejamento da operação das bombas hidráulicas, evitando que operem em períodos em que a energia é mais cara. Testes numéricos foram realizados através da implementação do modelo na linguagem de programação Julia e as soluções obtidas foram analisadas através do software de simulação hidráulica EPANET, indicando a viabilidade dos resultados.

Palavras-chave: Redução dos Custos com Energia Elétrica, Otimização em Sistemas de Abastecimento de Água, Pesquisa Operacional.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a população. Para que a água alcance seu destino, ela percorre um longo caminho através dos sistemas de abastecimento, onde um dos objetivos é preservar a água até o consumidor final, para que ela chegue em qualidade e quantidades adequadas. Sendo assim, é imprescindível que os sistemas de abastecimento funcionem adequadamente. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), no ano de 2020 o desperdício de água tratada seja por vazamentos ou ligações clandestinas nas redes de abastecimento de água no Brasil foi de 40,1%. Ainda, esse índice de desperdício de água vem aumentando desde 2016 a uma taxa média anual de 0,7%.

A topografia da região onde as redes de abastecimento se encontram exige que estações elevatórias sejam utilizadas para recalcar água sempre que seu destino esteja a uma cota superior à sua origem. Sendo assim, bombas hidráulicas são necessárias para essa finalidade. Além disso, elas também são utilizadas para captação e para o transporte de água entre os reservatórios. Para que as bombas funcionem, é indispensável o uso de energia elétrica.

Segundo Bezerra (2015), cerca de 90% da energia utilizada em um sistema de abastecimento de água corresponde ao conjunto motor bomba. Em 2020, as despesas com energia elétrica nos sistemas de saneamento brasileiros atingiram R\$ 7,37 bilhões, com consumo de 13,9 tW/h, dos quais 12,4 tW/h foi consumido apenas com os sistemas de abastecimento de água (SNIS, 2020).

Nos sistemas de abastecimento os reservatórios são utilizados para armazenar água e abastecer os centro consumidores. Estes podem receber água de poços artesianos, da Estação de Tratamento de Água (ETA) ou de outros reservatórios. Na prática, é possível observar um procedimento muito comum no abastecimento dos reservatórios: as bombas hidráulicas que captam água ou transportam água para estes são ligadas quando o nível mínimo do reservatório é atingido, e são desligadas apenas quando o nível máximo do reservatório é alcançado. Porém, esta prática não é eficiente do ponto de vista energético, visto que as tarifas de energia elétrica no Brasil para as empresas de saneamento são variáveis. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é responsável por estabelecer as tarifas de energia elétrica no Brasil. O sistema tarifário para as empresas de saneamento é horo-sazonal, isto é, as tarifas variam de acordo com a hora do dia e também com o período do ano. Nos horários de pico, compreendido das 18h às 21h no Estado de São Paulo, essa tarifa pode ser até cinco vezes maior. Dessa forma, existe a necessidade de fazer um planejamento da operação das bombas hidráulicas, de modo a operarem em horários mais convenientes do ponto de vista energético.

Devido a dimensão dos sistemas de abastecimento o planejamento do liga/desliga das bombas hidráulicas para redução dos custos com energia é uma tarefa complexa. Assim, muitos estudos tem sido realizados. Visando a otimização energética em sistemas de abastecimento de água. Zyl, Savic e Walters (2004) propuseram um método de otimização híbrido para o problema utilizando Algoritmo Genético. Toledo et al. (2008) propõem um modelo de otimização linear inteira mista considerando o custo de acionamento das bombas e um segundo modelo de otimização linear quando esse custo é desconsiderado. Ambos modelos são testados e viabilizados para instâncias fictícias geradas aleatoriamente. Já Kurek e Ostfeld (2013) apresentaram um modelo multiobjetivo, levando em consideração a operação das bombas, o custo de projeto dos reservatórios e a qualidade da água distribuída aos consumidores. Em Costa et al. (2016) é proposta uma rotina geral de otimização integrada ao simulador hidráulico EPANET, onde é possível determinar regras estratégicas de operação. Vieira et al. (2020) propõem um relaxamento linear para um modelo de programação não linear inteira, considerando novos aspectos relacionados ao estado do sistema quando os reservatórios estão cheios e utilizando o EPANET para avaliar a viabilidade das soluções. Já Faccioli (2021) utiliza um modelo de programação linear inteira mista que considera condições estruturais do sistema e zonas de pressão, onde as soluções obtidas foram testadas e viabilizadas através do EPANET para duas redes hipotéticas propostas na literatura. Em Miquelin et al. (2023) é apresentado um modelo matemático para otimização dos custos com energia elétrica, onde o modelo foi testado em diferentes cenários e comparado com um modelo que simula a operação das bombas realizada na prática.

Através dos trabalhos apresentados, é possível observar uma maneira recorrente de avaliar a viabilidade das soluções obtidas por um modelo matemático em um sistema de abastecimento de água. O software EPANET (ROSSMAN, 2009) é um simulador hidráulico que possibilita executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição. É possível analisar valores como a altura de água em cada reservatório, vazão nas tubulações, pressão em cada nó, entre outros. O EPANET foi desenvolvido para ser uma ferramenta de apoio ao estudo de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino da água. Seu uso é possível em diversas situações, como na calibração de sistemas hidráulicos, no estabelecimento de cenários de projeto, realizando análises do decaimento do cloro e na avaliação do consumo, entre outros.

Nesta pesquisa foi investigado um modelo matemático de otimização baseado nos modelos de Toledo et al. (2008) e Miquelin et al. (2023). Tal modelo foi implementado na linguagem de programação Julia (LUBIN E DUNNING, 2015) e resolvido através do pacote de otimização JUMP (DUNNING et al., 2015). Testes numéricos foram realizados com o sistema de abastecimento proposto em Parras (2020). Os resultados obtidos foram analisados utilizando o software EPANET para verificar a viabilidade das soluções obtidas.

Este trabalho está organizado como segue: na Seção 2 tem a metodologia, na Seção 3 são apresentadas a análise e discussão dos resultados, e na Seção 4 estão as conclusões

2. METODOLOGIA

2.1. MODELO MATEMÁTICO

O modelo matemático de otimização adotado neste trabalho é baseado nos modelos matemáticos propostos em Toledo et al. (2008) e Miquelin et al. (2023). Inicialmente é descrita a nomenclatura adotada e, na sequência, o modelo matemático de otimização.

ÍNDICES:

- j : 1, ..., R ; referem-se aos reservatórios;
- k : 1, ..., B ; referem-se aos centros consumidores;
- t : 1, ..., T ; referem-se aos períodos (horizonte de planejamento);
- b : 1, ..., B ; referem-se as bombas.

PARÂMETROS:

- d_{kt} : demanda do centro consumidor k no período t (em m^3);
- c_{bt} : custo de manter ligada a bomba b durante o período t ;
- v_{bt} : vazão da bomba b no período t (em m^3);
- w_{jlt} : vazão da bomba para transportar água do reservatório j para o l no período t (em m^3);
- h_j^{max} : volume máximo permitido para o reservatório j (em m^3);
- h_j^{min} : volume mínimo permitido para o reservatório j (em m^3);
- h_j^0 : volume inicial do reservatório j (em m^3);
- S_j : $\{k$, tal que o centro consumidor k é abastecido pelo reservatório $j\}$;
- R_j : $\{l$, tal que l é um reservatório que pode receber água do reservatório $j\}$;

P_j : $\{l$, tal que l é um reservatório que envia água para o reservatório j \};

τ : número mínimo de períodos que a bomba deve permanecer ligada após ser acionada;

β : diferença permitida entre o volume inicial e ao final do horizonte de planejamento em cada reservatório (em %);

n : número máximo de acionamentos permitidos para as bombas de captação.

VARIÁVEIS DE DECISÃO:

l_{jt} : volume de água no reservatório j no final do período t (em m^3);

x_{bt} : $\begin{cases} 1, & \text{se a bomba de captação } b \text{ está ligada no período } t \\ 0, & \text{caso contrário;} \end{cases}$

α_{bt} : $\begin{cases} 1, & \text{se a bomba de captação } b \text{ é acionada no período } t \\ 0, & \text{caso contrário;} \end{cases}$

z_{jlt} : $\begin{cases} 1, & \text{se há transferência de água do reservatório } l \text{ para o } j \text{ no período } t \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$

Assim, tem-se o modelo matemático descrito em (4.1) a (4.10)

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{b=1}^B (c_{bt} * x_{bt}) \quad (4.1)$$

Sujeito a:

$$l_{jt} = l_{j,t-1} + v_{jt} * x_{jt} + \sum_{l \in P_j} (w_{ljt} * z_{ljt}) - \sum_{l \in R_j} (w_{ljt} * z_{ljt}) - \sum_{k \in S_j} d_{kt}, j \in R, t \in T; \quad (4.2)$$

$$\alpha_{bt} \geq x_{jt} - x_{j,t-1}, b \in B, t \in T; \quad (4.3)$$

$$H_j^{\min} \leq l_{jt} \leq H_j^{\max}, j \in R, t \in T; \quad (4.4)$$

$$\alpha_{jt} \leq x_{jt'}, t \leq t' \leq t + \tau, j \in R, t \in T; \quad (4.5)$$

$$(1 - \beta) * l_{j0} \leq l_{jT} \leq (1 + \beta) * l_{j0}, j \in R; \quad (4.6)$$

$$\sum_{t=1}^T \alpha_{bt} \leq n, b \in B \quad (4.7)$$

$$x_{j0} = 0, j \in R; \quad (4.8)$$

$$l_{j0} = h_j^0, j \in R; \quad (4.9)$$

$$x_{jt} \in \{0, 1\}, \alpha_{jt} \in \{0, 1\}, z_{jlt} \in \{0, 1\}, j \in R, l \in R_j, t \in T. \quad (4.10)$$

A função objetivo (4.1) representa os custos com energia elétrica relacionados ao funcionamento das bombas hidráulicas. As restrições (4.2) representam o balanceamento do volume de água ao final de cada um dos períodos, para cada um dos reservatórios. Estas são calculadas através do estoque de

água restante no reservatório no período anterior, a água que entra no reservatório através de captação e transferência, e a água que sai do reservatório por transferência e para atender a demanda. As restrições (4.3) asseguram que, caso a bomba b seja ligada durante o período $t-1$, ela poderá ser utilizada no período t sem a necessidade de acioná-la.

As restrições (4.4) indicam que os volumes mínimo e máximo de água em cada um dos reservatórios em cada período sejam respeitados. As restrições (4.5) garantem que se uma bomba de captação for acionada, esta permanecerá ligada por pelo menos τ períodos seguidos. Para que os volumes dos reservatórios fiquem próximos no início e ao final do horizonte de planejamento, a fim de facilitar o planejamento futuro, são definidas as restrições (4.6). A fim de diminuir o desgaste das bombas, as restrições (4.7) limitam o número máximo de acionamentos das bombas de captação do sistema durante o horizonte de planejamento. Nas restrições (4.8) os estados das bombas são ajustados para desligado no início do horizonte de planejamento. As restrições (4.9) definem o volume inicial dos reservatórios. Por fim, as restrições (4.10) definem as variáveis como binárias.

2.2. LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO JULIA E O PACOTE DE OTIMIZAÇÃO JUMP

O modelo matemático foi implementado em linguagem de programação Julia (LUBIN E DUNNING, 2015) e resolvido através do pacote de otimização JUMP (DUNNING *et al.*, 2015).

Julia é uma linguagem de programação moderna, eficiente para implementação de heurísticas, de modelagem fácil, de código aberto e com um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) gratuito. Surgiu em 2012 como uma nova opção de linguagem de alto nível e alta performance para computação numérica e científica, é de código aberto e possui uma extensa biblioteca de funções matemáticas e *solvers* de otimização gratuitos. Foi utilizado o *solver* CBC, um *solver* de código aberto para Programação Linear e Programação Linear Inteira Mista.

2.3. SOFTWARE EPANET

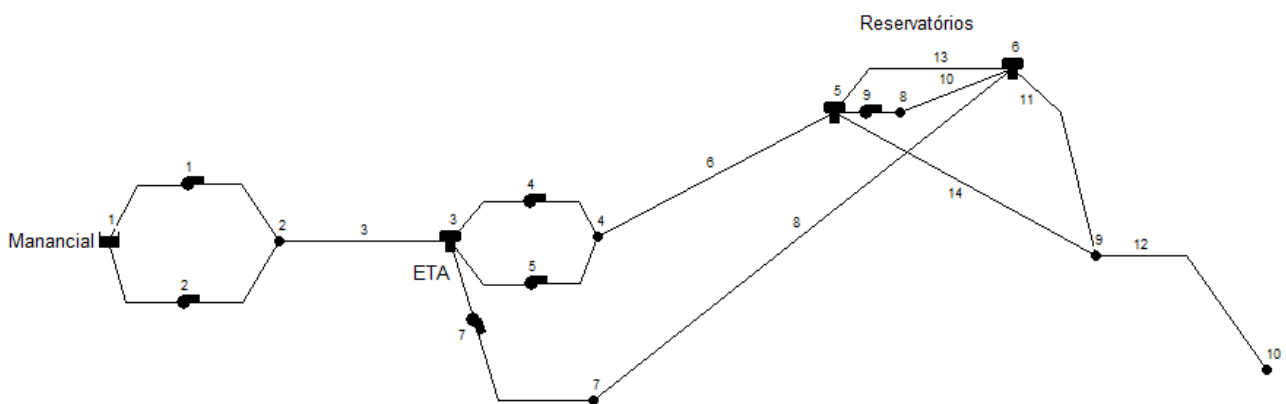
O EPANET é um *software* de modelagem hidráulica que possibilita a realização de simulações do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição. Este *software* permite que sejam obtidos resultados como a altura de água em cada reservatório vazão nas tubulações e pressão em cada nó. É uma ferramenta de apoio ao estudo de sistemas de distribuição, podendo ser utilizado em diversas situações, como na calibração de sistemas hidráulicos, no estabelecimento de cenários de projeto, realizando análises do decaimento do cloro e na avaliação do consumo. Neste trabalho, as soluções obtidas pelo modelo matemático para a operação do liga e desliga das bombas

foram simulados no EPANET, permitindo analisar o comportamento do sistema de abastecimento e a viabilidade de aplicação operacional.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi utilizado para os testes numéricos o sistema de abastecimento apresentado em Parras (2020). Este sistema é ilustrado na Figura 1 e contém um manancial superficial de água, sem ponto de captação subterrânea. A água captada é enviada para a ETA e desta para os reservatórios, que distribuem a água para os bairros.

Figura 1 - Sistema de abastecimento



Fonte: Próprio Autor

Para os testes, foi considerado um horizonte de planejamento de 24 períodos de uma hora cada ($T = 24$). A seguir descrevemos as características desse sistema conforme Parras (2020). Para a captação são utilizadas duas bombas hidráulicas em paralelo com vazão de $250 \text{ m}^3/\text{h}$ em uma tubulação de ferro fundido com 150 metros de comprimento e 200 milímetros de diâmetro. A água captada passa pela ETA, sendo enviada, na sequência, para os reservatórios de montante.

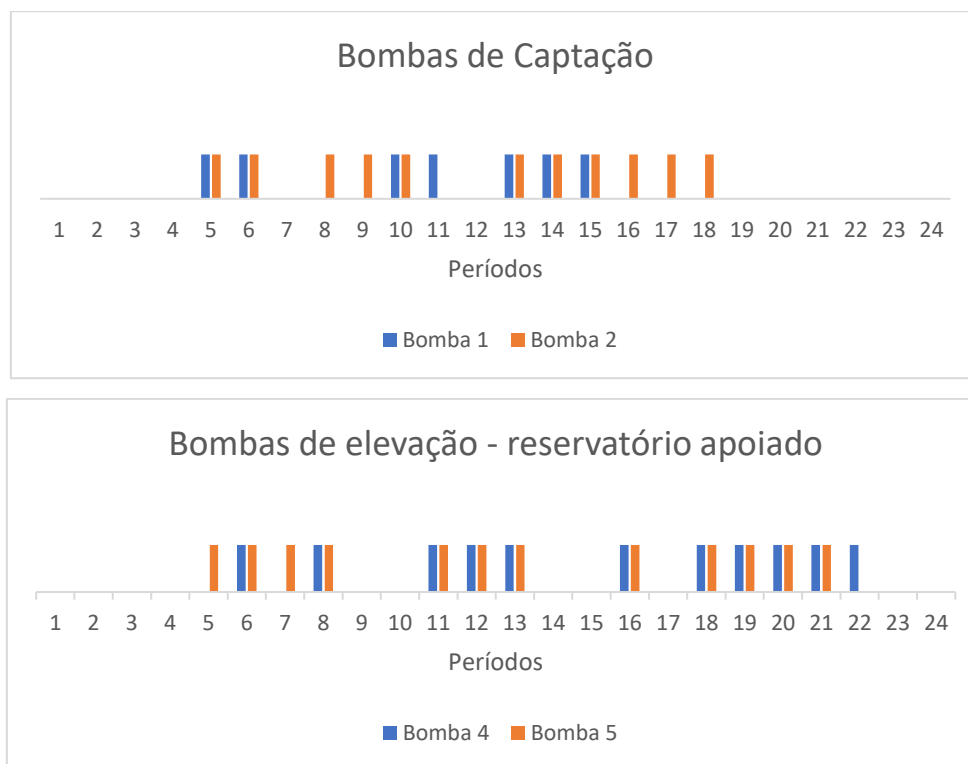
O sistema possui dois reservatórios cilíndricos, um apoiado e outro elevado, onde ambos podem enviar água para os centros consumidores. O primeiro possui 16,75 metros de altura, 17 metros de diâmetro e uma capacidade máxima de 3800 m^3 . Já o segundo possui uma torre de 20 metros, 6,34 metros de altura, 6,34 metros de diâmetro com uma capacidade máxima de 200 m^3 . Para a transferência de água do reservatório apoiado para o elevado, temos uma bomba de vazão de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ em uma tubulação de ferro fundido de 100 metros de comprimento e 100 milímetros de diâmetro. Do segundo para o primeiro reservatório a transferência ocorre por gravidade, considerando uma vazão de $25 \text{ m}^3/\text{h}$.

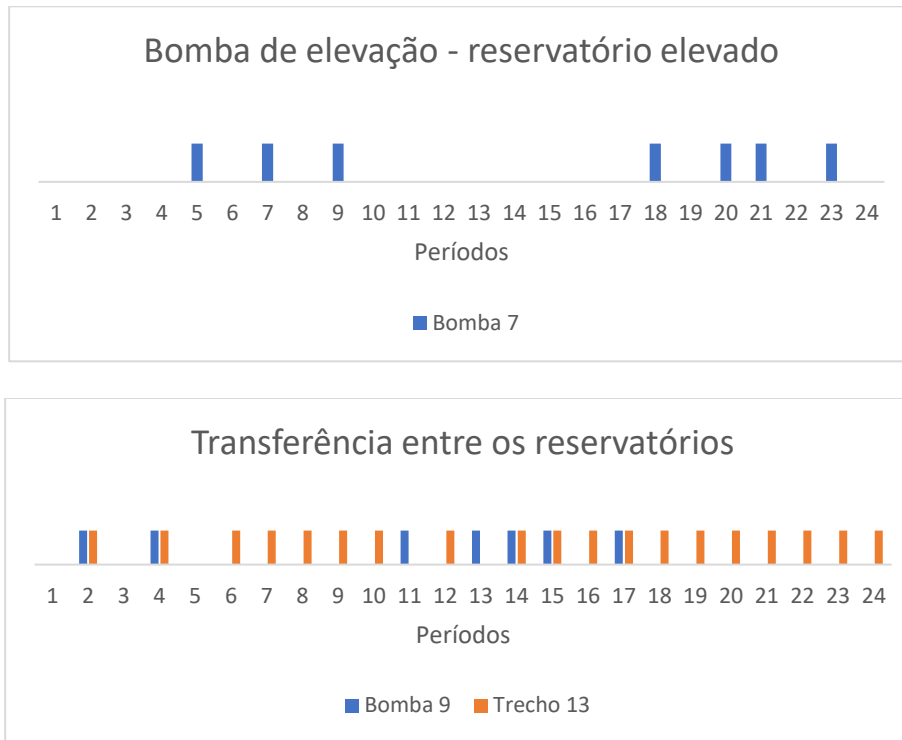
Duas bombas em paralelo, com vazão de 150 m³/h cada uma, elevam água da ETA para o reservatório apoiado. Já para o elevado temos apenas uma bomba de 150 m³/h de vazão. Para o conjunto elevatório temos uma tubulação de ferro fundido para cada reservatório, sendo ambos com comprimento de 200 metros e diâmetro de 250 milímetros.

Os períodos 19, 20 e 21 foram considerados como os de ponta. Considerou-se um custo de 20 unidades monetárias para manter as bombas ligadas, exceto nos períodos de ponta onde foi considerado um custo de 60 unidades monetárias.

Considerou-se os volumes iniciais para o ETA, reservatório 1 e reservatório 2 de 0 m³, 1600m³ e 100m³ respectivamente. Foi adotado $n = 4$ (número máximo de acionamento de cada bomba de captação). Testes numéricos realizados com a rede resultaram no valor da função objetivo de 360 unidades monetárias. Os períodos em que as bombas devem estar ligadas, na solução obtida pelo modelo matemático, são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Operação das bombas hidráulicas da rede.

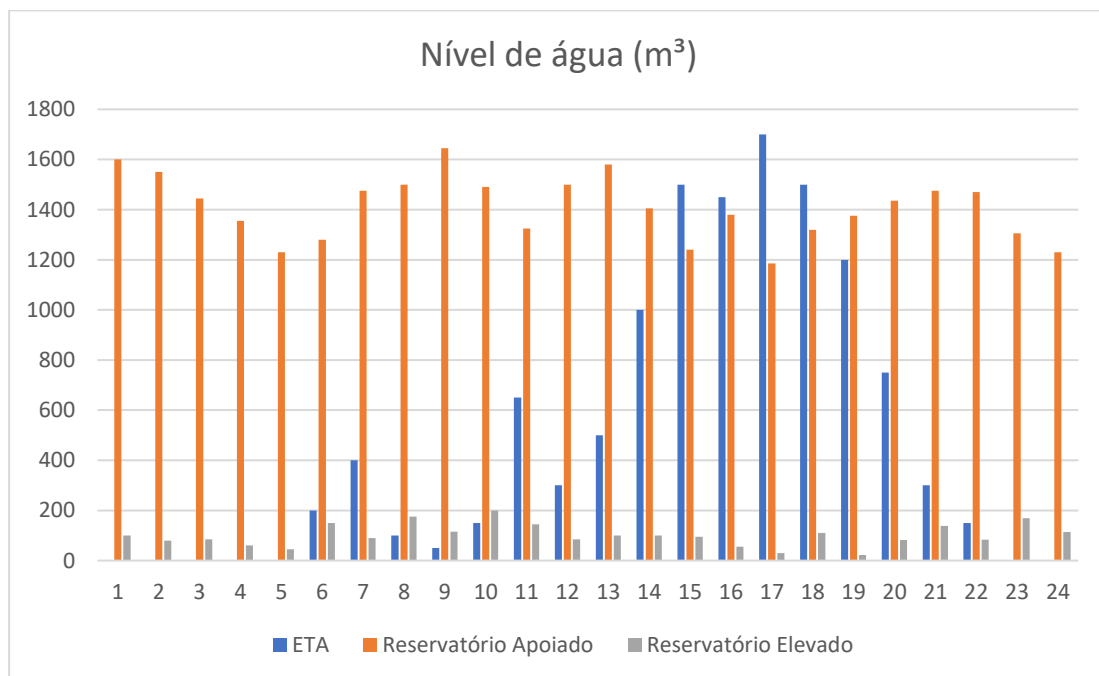




Fonte: Próprio autor

O nível de água em cada reservatório (m³) é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Nível de água em cada reservatório (m³)



Fonte: Próprio autor

As soluções obtidas foram analisadas quanto a viabilidade de implementação em sistemas reais de abastecimento através de simulações feitas com o uso do software EPANET. A rede do sistema de abastecimento apresentado em Parras (2020) foi criada no EPANET e configurada de acordo com as especificações de cada componente da rede, assim como os controles de liga e desliga das bombas fornecidos pela solução do modelo matemático. Ao final, o EPANET retorna que a simulação foi bem-sucedida, indicando a viabilidade da solução obtida através do modelo matemático.

Através dos testes numéricos é possível observar que a otimização energética nos sistemas de abastecimento de água ocorre evitando a operação das bombas de captação nos períodos de ponta, ou seja, nos períodos em que a energia é mais cara, reduzindo assim o custo com energia elétrica. Os reservatórios se abastecem antes dos períodos de ponta de modo a suprir as altas demandas de água nesses períodos sem ter a necessidade de ligar as bombas de captação. Além disso, o número máximo de 4 acionamentos das bombas viabiliza o planejamento para o operador do sistema e também diminui o desgaste das bombas, outro fator que também contribui para a viabilidade da aplicação prática das soluções obtidas é a minimização da diferença entre os volumes de água nos reservatórios no início e ao fim do horizonte de planejamento, pois isso facilita o planejamento do próximo horizonte a ser considerado.

4. CONCLUSÕES

As soluções obtidas nesta pesquisa mostraram que um bom planejamento do acionamento das bombas hidráulicas para que operem fora dos períodos de ponta, onde a energia é mais cara, podem garantir um menor custo com energia elétrica e ainda assim abastecer os centros consumidores da cidade. Além disso, através da análise dos resultados obtidos pela implementação via simulação no EPANET, pode-se constatar que a simulação foi bem-sucedida, o que indica que a solução obtida é viável de ser aplicada no sistema de abastecimento.

As empresas de saneamento podem reduzir seus custos com energia elétrica através do planejamento proposto neste trabalho para o liga/desliga das bombas. Tal planejamento também poderá acarretar um benefício social pois o planejamento operacional das bombas garante o atendimento das demandas de água, garantindo que este bem essencial chegue para a toda população.

Trabalhos futuros visam o aperfeiçoamento do modelo matemático e a realização de testes numéricos com outras redes de abastecimento disponíveis na literatura.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processo nº 314711/2020-1) e a CAPES (Processo nº: 314711/2020-1 e Processo nº: 88887.606088/2021-00).

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Resolução Normativa n. 414. [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>> Acesso em: 04 dez. 2021.
- BEZERRA, S. et al. Energy savings in pumping systems: Application of a fuzzy system. *Ciência & Engenharia*, v. 24, n. 1, p. 71-78, 2015.
- COSTA, L. H. M. et al. A branch-and-bound algorithm for optimal pump scheduling in water distribution networks. *Water resources management*, Springer, v. 30, n. 3, p. 1037–1052, 2016.
- CPFL Energia. (2014). Relatório anual 2014. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br/institucional/relatorio-anual/documents/ra-8-cpfl-2014.pdf>> Acesso em: 11 dez. 2021.
- DUNNING, I., HUCHETTE, J., & LUBIN, M. (2017). JuMP: A modeling language for mathematical optimization. *SIAM Review*, 59(2), 295-320.
- FACCIOLI, A. R. (2021). Otimização energética em sistemas de abastecimento de água utilizando o EPANET. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Bauru, 2021.
- KUREK, W.; OSTFELD, A. Multi-objective optimization of water quality, pumps operation, and storage sizing of water distribution systems. *Journal of environmental management*, Elsevier, v. 115, p. 189–197, 2013.
- LUBIN, M., & DUNNING, I. (2015). Computing in operations research using Julia. *INFORMS: Journal on Computing*, 27(2), 238-248.
- MIQUELIN, L. M. et al. Mathematical Model with Pressure Constraints to Minimize Electric Energy Costs in the Operation of Hydraulic Pumps. *IEEE Latin America Transactions*, v. 21, n. 3, p. 483–489, 2023.
- NETTO, J. A. et al. Manual de Hidráulica. 8a Edição Ed. [S.l.]: Edgar Blucher Ltda. São Paulo, 1998.
- PARRAS, I. G. Modelo matemático para a otimização energética em sistemas de abastecimento, considerando zonas de pressão e condições estruturais. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Bauru, 2020.
- ROSSMAN, L. A. et al. Manual do Usuário: Epanet 2.0 Brasil. Tradução e Adaptação: Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 2009. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/epanet/manual_do_epanet_brasil.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2021.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 24o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico_AE2019.pdf> Acesso em: 01 dez. 2021.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. 2022. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_AGUA_AE_SNIS_2022.pdf> Acesso em: 17 Jun. 2023.

TOLEDO, F., Santos, M. O. D., Arenales, M. N., & Seleghim Júnior, P. (2008). Logística de distribuição de água em redes urbanas: racionalização energética. *Pesquisa Operacional*, 28(1), 75-91.

VIEIRA, B. S. et al. Optimizing drinking water distribution system operations. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 280, n. 3, p. 1035–1050, 2020.

ZYL, J. E. V.; SAVIC, D. A.; WALTERS, G. A. Operational optimization of water distribution systems using a hybrid genetic algorithm. *Journal of Water Resources Planning and Management*, American Society of Civil Engineers, v. 130, n. 2, p. 160–170, 2004.

Capítulo 9



10.37423/230708013

URBANIZAÇÃO E AGRICULTURA URBANA: AS RELAÇÕES URBANO/RURAL POSSÍVEIS.

Helder dos Anjos Augusto

Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

CRISTH ELLEN FERREIRA PINHEIRO

*Faculdades Integradas Pitágoras de Montes
Claros (FIPMOC)*



Resumo: Diante das discussões sobre urbanização e desenvolvimento, faz-se necessário estudar como a sociedade tem refletido e reagido frente à expansão de base material e às relações de produção impostas na dinâmica da cidade industrial. Os apontamentos tem direcionado as reflexões no sentido da interconexão entre políticas públicas que abarquem cidades sustentáveis numa lógica de integração econômica, ambiental e social. Diante disso, esta comunicação tem objetivo analisar a agricultura urbana (AU) como mecanismo de desenvolvimento urbano sustentável e consequentes melhorias na qualidade de vida dos cidadãos. Para isso, realizou-se também, um ensaio teórico contemplando os temas urbanização, desenvolvimento e agricultura urbana. A leitura permitiu entender que a urbanização fundamentada na concepção econômica, especificamente a industrialização nos moldes capitalistas, cuja sociedade obsessiva direcionou em estabelecer padrões de qualidade de vida, associada ao consumo excessivo e apropriação irracional dos recursos naturais. Essa transformação radical permitiu a imposição da indústria na lógica de produção, contemplando os fatores de produção exigidos pela sinergia industrial de produtividade. Contudo, a expansão urbana de forma desordenada e o aumento da densidade populacional nas cidades tem sido outra dimensão de problemas ambientais, sociais e econômicos. Estudos apontam que é possível reverter esta tendência, com o equacionamento entre as dimensões econômicas e ecológica. Ademais, as alternativas de desenvolvimento urbano, como a agricultura urbana, têm um papel determinante na requalificação do ambiente da cidade e que o diálogo entre as diversas áreas de conhecimento podem proporcionar a interação social, a qualidade de vida dos cidadãos e acima de tudo, equipamentos que integram as áreas verdes, de produção e lazer.

Palavras-chave: Urbano. Produção. Sociedade.

1 INTRODUÇÃO

O estudo do espaço urbano é dotado de importância não apenas no cenário acadêmico, mas de pleito geral, como no contexto político-administrativo, por exemplo. Pensar o espaço urbano e as múltiplas faces que o tem em escopo implica na possibilidade de estabelecer equacionamentos para as diversas problemáticas que o tangencia.

Seguindo esta mesma lógica acima refletida, as questões e alternativas atinentes ao desenvolvimento urbano se endossam e assumem um contexto, nem sempre uníssono, que explicitam a complexidade da temática, contemplando as desigualdades econômicas e sociais observadas no âmbito urbano.

Nos enquadramentos da globalização a cidade é palco das rugosidades estabelecidas pela dinâmica do aumento acelerado dos fluxos globais de capital, mercadorias, serviços, pessoas e informações. Igualmente, recebe, produz e reproduz as desigualdades socioeconômicas instauradas pela centralismo universal da epopeia do capital, por assim dizer.

Não obstante, a agricultura urbana (AU) se desponta no cenário alinhavado acima como forma de repensar o modo de produção das cidades e da apropriação do solo urbano, não apenas na lógica/ilógica da acumulação do capital, mas como espaço coletivamente produzido e alternativamente à centralidade do modo burguês que, infelizmente, ainda se reverbera, nas cidades brasileiras. A agricultura urbana traz em si a relevância de romper com a rígida dicotomia campo-cidade e instaura a possibilidade de elevar os estudos urbanos a um nível de abstração que se sobrepuja a alienação da produção capitalista.

Sob tais perspectivas, este artigo objetivou analisar a agricultura urbana como uma ferramenta de desenvolvimento. Não se escusou o escopo da agricultura urbana dentro da sociabilidade do planejamento e da gestão do espaço geográfico urbano. Para alcance do objetivo proposto adotou-se como procedimento metodológico a revisão bibliográfica.

Portanto, diante da abordagem contemplada na discussão teórica realizada neste, acredita-se que este artigo, que se assenta numa perspectiva interdisciplinar, seja importante por alcançar uma gama diversificada de sujeitos interessados no estudo do espaço urbano e, mais especificamente, da agricultura urbana.

2 DINÂMICAS URBANAS E O SISTEMA DAS CENTRALIDADES

As sociedades vêm passando por um conjunto de mudanças econômicas, culturais e ambientais que, de certa forma, estimula a fazer releitura dos conceitos e novos paradigmas, no caso específico da urbanização. Estas transformações fecundadas a partir da revolução industrial trouxeram na relação simbiótica entre urbano e rural, novas formas comportamentais nas dimensões culturais, ambientais, sociais e demográficas. É neste contexto que as territorialidades urbanas se entrelaçam progressivamente com o mundo rural.

A priori, faz-se necessário esclarecer que Lefebvre (1999) parte da hipótese da urbanização da sociedade para explicar a transição da mesma. Para o autor, a sociedade urbana resulta do que ele chama de urbanização completa. A discussão da Revolução Urbana explicitada por Lefebvre (1999) conclui que a urbanização consiste em um conjunto de transformações que ocorrem na sociedade, por meio do processo de industrialização, no qual a cidade passa a ter a função de suprir a demanda de força de trabalho da indústria. Já o seu discípulo Castells (2009), aponta que urbanização corresponde a um processo típico de ocupação do espaço por uma determinada população, a partir de uma concentração intensa e, por conseguinte uma alta densidade populacional.

Na outra visão sobre a urbanização, Benko (1999), aponta que o processo em si está calcado em duas perspectivas que se complementam, a saber: a transnacionalização dos espaços econômicos e a regionalização dos espaços sociais. A primeira é influenciada por agentes externos e a segunda corresponde a uma força interna que reage no sentido contrário.

Em um eixo temporal, Lefebvre (1999) explica a formação das cidades a partir do ponto zero (Aldeias), passando pela cidade política, pela cidade mercantil, pela cidade industrial, até o ponto 100 que o autor considera como a zona crítica (100% do estado de urbanização). A zona crítica, exposta pelo autor como 100% de urbanização numa visão virtual, consiste em uma realidade atual planetária para Castriota (2016).

As afirmações expostas por Castriota (2016) são contempladas a partir das teorizações clássicas do urbano e da urbanização extensiva, contemplando os estudos de Lefebvre e Monte-Mór. Nesse sentido, o autor reafirma sobre os fenômenos de implosão-explosão, bem como da participação arbitrária do capitalismo nestes processos.

Assim, para Monte-Mór (2006), a cidade passou por um processo duplo de implosão-explosão, onde sua centralidade implodiu sobre si e a periferia explodiu sobre o entorno. A explosão sobre o entorno

exposta por Monte-Mór (2006), e também por Lefebvre (1999), incide na formação dos tecidos urbanos, os quais são compostos pelas manifestações de predomínio da cidade no campo.

Sobre a explosão, Catriota (2017) a relaciona com a extensão do tecido urbano e modernização estrutural, mas o autor completa (re) leitura do fenômeno apresentando a ele também o significado de cidadania extensiva.

A partir disso, Monte-Mór (2006) afirma que:

[...] a cidade significou condição fundamental para o desenvolvimento da indústria, concentrando a população consumidora, os trabalhadores e as condições gerais de produção para instalação das empresas fabris presentes (ou criadas) apenas em algumas cidades, como até recentemente no Brasil (MONTE-MÓR, 2006, p. 5).

Segundo o autor supracitado, já se pode falar em uma sociedade virtualmente urbana no Brasil, a qual é marcada pela transformação da economia agroexportadora voltada para substituição de importações para o mercado interno, redefinindo a cidade industrial. Essa transformação, para o autor, contou com um papel importante do Estado na regulação das relações entre capital e trabalho, na garantia dos meios de produção para a indústria, ou seja, na perspectiva de contribuição para a sinergia capitalista em prol da acumulação de riqueza.

Com as falas dos autores, a cidade pode revelar a referida sinergia de dominação a partir da estruturação dos processos produtivos, ou seja, as forças de atração implicam diretamente nas altas taxas de crescimento geométricas da população e por consequência o aumento na relação população sobre o espaço.

Monte-Mór (2006) ainda discute sobre as “novas fronteiras urbanas” no Brasil e aponta para uma urbanização extensiva em quase todo território brasileiro, além disso, critica a condição de imposição da lógica urbano-industrial imposta ao urbano social contemporâneo, integrando espaços rurais com a lógica de produção capitalista pautada pelo consumo. Desta maneira, a discussão de Lefebvre (1999) e de Monte-Mór (2006) enfatiza o domínio do capitalismo sobre sociedade e, sobretudo, na formação da sociedade urbana.

A propósito, para Furtado (1978) a formação das sociedades capitalistas tem como fase decisiva a Revolução Burguesa, a qual levaria a um “[...] conjunto de transformações sociais - condizentes à autêntica mutação que produziu a sociedade industrial capitalista” (FURTADO, 1978, p.39).

O debate que cerceia o tema versa a difusão da civilização industrial, a qual segundo Furtado (1978), tende a tecer laços de interdependência, verificados nos critérios de racionalidade instrumental, que

produziriam na Europa um estilo de civilização marcada pela industrialização (tecnicismo de todas as atividades produtivas), a urbanização (estruturação espacial da população para satisfazer as exigências do mercado de trabalho) e a secularização (prevalência da razão na legitimação dos sistemas de poder). Vê-se, desta forma, a íntima relação entre urbanização, industrialização e secularização acima mencionadas.

A difusão desse modelo de civilização leva às estruturas sociais a ideia de canalização do processo de acumulação e das “[...] formas de comportamento que tendem a acentuar as desigualdades de níveis de patrimônio e de renda, com reflexos na estrutura de dominação social” (FURTADO, 1978, p. 51). Nesse sentido, Furtado (1978) reverbera a fragilidade da perspectiva de que todo e qualquer crescimento econômico conduziria ao desenvolvimento, sendo afirmação do autor que o processo de evolução da Civilização Industrial (economicista), como no caso europeu, não pode ser confundido com desenvolvimento.

Para Furtado (1978), a ideia de desenvolvimento comporta ambiguidades, e essas são ainda maiores quando consideradas no quadro da difusão da civilização industrial. Ao tema desenvolvimento, Furtado (1992) alterca sobre o subdesenvolvimento e tangencia a relação entre a modernização e o desenvolvimento, bem como as implicações destes na economia e na sociedade.

Furtado (1992) afirma que o progresso técnico (desenvolvimento econômico), o qual está diretamente ligado à produtividade (redução dos custos de produção) que, em seu curso histórico, desencadeou a desigualdade social (distribuição de renda desigual/redução dos salários reais/baixo poder de compra) e as pressões inflacionárias como forma de controle da participação dos salários no produto social.

Nesse sentido, Furtado (1992) aponta a modernização como a desarticulação entre a produtividade setorial e o consumo específico, tendo como consequência o subdesenvolvimento. Contudo, conforme expõe o autor, o crescimento da produtividade não está diretamente ligado ao “verdadeiro” desenvolvimento. Ademais, o autor esclarece que a homogeneização social é uma condição necessária, mas não o suficiente, para a superação do subdesenvolvimento e, assim, o alcance do desenvolvimento.

Insta salientar, conforme Santos e Silveira (2002) que a metrópole constitui-se o lugar em que o moderno adapta-se sem atentar para o preexistente. Afirmam que o custo do alheamento na implantação da modernidade significa peso sobre outros aspectos da vida local, haja vista custos públicos, privados, federais, estaduais e municipais. Para tais autores, embora apenas subáreas

privilegiadas gozem dos benefícios advindos da modernização, toda a cidade sofre com as consequências da lógica díspar da modernidade, posto que o espaço citadino é um organismo.

Em se tratando de subdesenvolvimento, Sposito (1997) assevera que há relação entre o crescimento das cidades dos países subdesenvolvidos com a industrialização, embora não haja correspondência em seus ritmos, e que o crescimento das cidades não decorra exclusivamente da industrialização.

Neste contexto, assinala que

de fato, os países ditos subdesenvolvidos passam, ainda que em níveis diferentes, por processos de industrialização, que dão sustentação ao próprio desenvolvimento do capitalismo monopolista. O que não se pode afirmar é que esta industrialização responda pelos ritmos acentuados de urbanização nos países “subdesenvolvidos”, sobretudo depois da Segunda Guerra Mundial. A nossa urbanização resulta das formas tomadas pelo desenvolvimento do capitalismo, que se traduz na articulação das relações econômicas, sociais e políticas existentes entre os países “desenvolvidos” e os “subdesenvolvidos”. Poderíamos dizer, em outras palavras, que a nossa urbanização resulta do processo de transnacionalização da indústria ocidental (a do “centro”), abarcando os espaços periféricos e desorganizando e/ou apropriando das formas de produção tradicionais destes países (SPOSITO, 1997, p. 10).

Assim, como expõe Harvey (2005), as revoluções em tecnologia, relações espaciais, relações sociais, hábitos de consumo, entre outras características capitalistas, apesar de sua omissão, podem ser compreendidas por meios de estudos dos processos urbanos. Contudo, o autor considera importante a investigação do papel que o processo urbano desempenha na distribuição geográfica da atividade humana e na dinâmica político-econômica do desenvolvimento geográfico desigual recente.

Ao discutir o tema desenvolvimento, Brandão (2008) defende a importância de compreender a lógica capitalista, a qual o autor coloca como um processo padronizado pautado na expansão de base material. Na mesma linha, Ortega (2008) critica a visão positivista da relação de progresso com desenvolvimento imposta nessa lógica.

Assim, o conceito de desenvolvimento exposto por Brandão (2008) relaciona-se com o envolvimento de ações que rompem a ideia ultrapassada (desenvolvimento padronizado e por etapas) e exige ênfase em seus processos e interações entre as decisões nas várias camadas sociais, onde o processo ocorra simultaneamente nas escalas espaciais. Nesse sentido, para o autor, não é possível generalizar o processo de desenvolvimento, como defende as vertentes capitalistas.

Em relação ao tema, Furtado (1978) trata a fragilidade da ideia de que todo e qualquer crescimento econômico conduz ao desenvolvimento, onde o autor afirma que o processo de evolução da Civilização

Industrial (economicista) não pode ser confundido com desenvolvimento. Para o autor, a ideia de desenvolvimento comporta ambiguidades, e essas são ainda maiores quando consideradas no quadro da difusão da civilização industrial.

O crescimento econômico, como aborda Alves *et al.* (2011), consiste no aumento contínuo do Produto Interno Bruto (PIB) global e *per capita* e, diante dessa interpretação, os autores ainda asseguram a ideia de que o crescimento econômico não beneficia toda a população e, por esse motivo, nem sempre tem o efeito de desenvolvimento.

Contudo, ao relacionar os estudos acerca da relação do processo de urbanização com as críticas ao modelo convencional de desenvolvimento e, sobretudo, correlacioná-los com as abordagens atuais acerca das políticas públicas e os modelos gerenciais utilizados pelo poder público, pode-se perceber que não há uma visão holística necessária da realidade da sociedade e suas nítidas multifaces. Para tanto, é necessária uma abordagem completa das especificidades locais, territoriais e regionais para os estudos e propostas em prol de um desenvolvimento real.

2.1 RURAL NO URBANO OU RURALIDADE URBANA

A temática urbano-rural tem sido analisado por muitos e destacados geógrafos, sociólogos, economistas e, entre outros estudiosos, sobretudo no que diz respeito ao Brasil, de que destaca-se: R. ABRAMOVAY, A. BERTRAND, M. GROSSI, J. GRAZIANO, E. VEIGA, J. MARTINS, R. BLUME, S. SCHNEIDER – cujos trabalhos, tem sido referências para diversas pesquisas na área. Não se trata de resgate as discussões empreendidas pelos autores, mas sim contextualizar alguns elementos que julgamos pertinentes para o avanço da abordagem sobre a agricultura urbana.

As relações urbano – rural, durante um longo período, eram julgados por uma natureza funcional, onde o rural era vista como espaço de produção meramente agrícola e fornecedora de alimentos e matéria prima para as cidades. Já as cidades, consideradas como lócus do poder e espaços privilegiados de mercado, onde aconteciam as trocas de produtos da agricultura e onde produtos eram processados/manufaturados e comercializados. No estudo de Lefebvre (2006), “O Direito à Cidade”, ressalta a separação entre o campo e a cidade. Para o autor, está separação se dava a partir das primeiras divisões de trabalho, onde na cidade se processavam as funções de organização política, militar e do conhecimento e no campo apenas as atividades agrícolas, ou seja, as atividades camponesas.

As abordagens de Lefebvre, Monte-Mor e os demais autores citados na discussão anterior contemplam, de forma espetacular e completa, o estudo sobre a urbanização, considerando o seu processo e fenômenos. A relação deste processo com a imposição do capitalismo sobre a sociedade foi apreciado no tópico anterior, compreendendo a relação (ou não) entre a urbanização e o desenvolvimento. No entanto, verificou-se a necessidade de abordar, para além da urbanização, o que é discutido sobre o urbano, o rural, a cidade e a relação e interposição entre estes.

Ao contemplar a relação crítica aos conceitos de urbano e cidade, Castriota (2016) objurga a falta de critério empírico dos estudos acerca das taxas de urbanização da população, ou seja, o autor chama atenção para a necessidade de considerar as especificidades de cada “espaço urbano”, sobretudo, afirma que o urbano e a urbanização são um processo e não uma forma ou tipo de assentamento ou unidade delimitada.

De forma díspar ao urbano, a cidade compreende um espaço delimitado, por meio de legislação municipal e, a partir desta delimitação, as pesquisas oficiais acerca das taxas de urbanização criticadas por Castriota (2016) são realizadas. Assim, a compreensão que se tem do autor é de que o urbano se dá além do espaço delimitado como cidade, onde se apresenta como a imposição capitalista e não o espaço em si.

Considerando a imposição capitalista expressa nas afirmações dos autores supracitados, percebe-se a existência de o que Rua (2006) chama de “novo rural”. Segundo o autor houve um processo de recriação do rural, onde se observa novas territorialidades que é resultado das interações urbano-rural (tecnologia em áreas rurais, por exemplo). As novas formas de produção, numa lógica capitalista, conforme exposto pelo autor também são características do novo rural.

Nesse sentido, o autor afirma que há uma semelhança entre “urbanidades no rural” e as “novas ruralidades”. A ideia de “urbanidades no rural” proposta pelo autor consiste em compreender que as especificidades do rural devem ser preservadas e está pode ajudar na análise de múltiplas territorialidades criadas pelo caráter híbrido que o espaço adquire. O caráter híbrido, segundo do autor, compreende a capacidade de modificar sem extinguir, sendo esta habilidade a maior característica do rural.

Ponderando as especificidades do urbano e do rural e suas interrelações, Castriota (2016) chama a atenção para o citadismo metodológico, ou seja, os estudos urbanos realizados no campo da padronização do rural e do urbano, sem considerar as especificidades. No entanto, sabe-se que programas e políticas públicas são elaborados com base em estatísticas oficiais, a partir de pesquisas

nessa perspectiva criticada por Castriota (2016). Não obstante, é necessário abordar aqui os critérios de classificação acerca do urbano e do rural contemplados pelos órgãos públicos nas estatísticas oficiais.

A pesquisa referente à urbanização realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) considera a situação de domicílio da população, sendo considerada a residência do pesquisado, se localiza em área urbana ou rural, conforme divisão administrativa.

O Quadro 1 mostra as definições utilizadas pelo IBGE nas pesquisas oficiais atuais:

Quadro 1 - Classificação de áreas utilizadas em estatísticas oficiais

Classificação da área	Conceito
Área Urbana	Área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal.
Área Rural	Área de um município externa ao perímetro urbano.
Área Urbana Isolada	Área definida por lei municipal e separada da sede municipal ou distrital por área rural ou por um outro limite legal.
Áreas urbanizadas de cidade ou vila	Áreas legalmente definidas como urbanas e caracterizadas por construções, arruamentos e intensa ocupação humana; áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano e aquelas reservadas à expansão urbana.
Áreas não-urbanizadas de cidade ou vila	Áreas legalmente definidas como urbanas, mas caracterizadas por ocupação predominantemente de caráter rural.
Áreas urbanas isoladas	Áreas definidas por lei municipal e separadas da sede municipal ou distrital por área rural ou por outro limite legal.

Fonte: IBGE, 2017.

Considerando os conceitos abordados no Quadro 1 percebe-se que as estatísticas oficiais acerca da urbanização são elaboradas a partir de delimitações expressas em legislação, considerando uma divisão administrativa e excluindo os aspectos culturais e sociais.

No entanto, em 2009, foi elaborado um projeto de lei (PLS 316/09), que inclui critérios de classificação para os municípios e sugere uma revisão dos critérios utilizados pelas estatísticas oficiais acerca dos territórios e da população:

§ 1º Os municípios serão classificados de acordo com sua população, densidade demográfica e composição do produto interno bruto municipal em: I – **município rural** se tiver população inferior a cinquenta mil habitantes, valor adicionado da agropecuária superior a uma terça parte do produto interno bruto municipal e densidade demográfica inferior a oitenta habitantes por quilômetro quadrado; II – **município relativamente rural** se tiver população inferior a cinquenta mil habitantes, valor adicionado da agropecuária entre uma terça parte e quinze centésimos do produto interno bruto municipal e densidade demográfica inferior a oitenta habitantes por quilômetro quadrado (...) (BRASIL, 2009)¹.

O projeto de lei supracitado propõe alteração dos critérios considerados pelas estatísticas oficiais revisando questões ligadas à densidade demográfica, principal setor produtivo do município e tamanho da população.

Assim, diante das afirmações, entende-se como urbano o modo de vida submisso ao capitalismo; a cidade como um perímetro delimitado em lei específica, o qual acredita-se que passa por subjulgamentos de caráter tendencioso para benefícios próprios do poder público; e o rural transcende os demais diante de sua culturalidade, especificidade e potencial híbrido, como exposto por Rua (2006).

Em suma, as relações urbano-rural têm apresentado evolução de configurações determinadas por novos elementos (como: estruturas sociais, meio ambiente e instituições públicas e privadas) e diversificados ao longo do tempo. Esta evolução está atrelada às transformações sociais e econômicas das comunidades rurais e dos núcleos urbanos, conforme aponta Favareto (2006). Sugere-se com isso, que a expansão e aprimoramento do urbano influencia, em grande medida, no rural contemporâneo, principalmente na economia e na sua organização espacial.

Contudo, diante da discussão contemplada neste tópico, o tema proposto neste artigo expõe a interrelação no sentido contrário, mas que não o invalida, do abordado por Rua (2006), pois a Agricultura Urbana pode ser entendida como uma “ruralidade no urbano”, no entanto, é importante ressaltar que, apesar de ser uma prática que ficou evidenciada na contemporaneidade, não é novidade nos espaços delimitados da cidade.

3 REORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DESENVOLVIMENTO URBANO

Conforme exposto ao final do item anterior, a gestão e o planejamento urbano constituem elementos basilares na discussão sobre desenvolvimento. Igualmente, ao tratar o planejamento urbano, Maricato (2000) aborda o contexto histórico urbano no Brasil e observa o surgimento dos planos diretores, em meados de 1900, por meio das propostas de embelezamento e melhoramento das cidades. Além disso, analisa o desenvolvimento citadino ao longo do tempo e os “planos-discursos” marcados pelas direções tomadas pelas obras e pelos investimentos favorecendo a elite brasileira e, a partir de 1988, com a Constituição Brasileira, a contribuição com a obrigatoriedade da execução dos Planos Diretores. Os estudos da autora também identificam os problemas que a sociedade brasileira enfrenta em relação à infraestrutura urbana e destaca proposições para o equacionamento dos problemas por ela enfrentado.

Para Maricato (2000), ao se comparar os problemas dos planos diretores antigos com os da atualidade, percebe-se que o planejamento urbano é relevante no que tange ao combate às desigualdades, no entanto, é imprescindível se pensar no “como fazer”. Logo, Maricato (2000) propõe a utilização do planejamento com o objetivo de diminuir a desigualdade e ampliar a cidadania, sendo este pautado na participação dos excluídos e o reconhecimento dos conflitos da sociedade. Propõe também a criação de um Plano de Ação e do Orçamento Participativo, ferramentas que podem contribuir para uma reversão no modo que as cidades são geridas no Brasil.

Em acepção análoga, o planejamento urbano proposto por Duarte (2007) O considera um processo com resultados parciais, que ele denomina de planos e, sendo assim, os planos contemplam as partes e o planejamento as etapas, como sumariza o Quadro 2.

QUADRO 2 – Etapas do Planejamento Urbano

Etapas	Considerações do autor
Diagnóstico	Análise da realidade existente. Compreende também o inventário, o qual consiste na coleta e organização de dados sobre a realidade pesquisada, no caso do planejamento urbano, a cidade.
Prognóstico	Estudo realizado a partir dos dados do diagnóstico com o objetivo de inferir sobre a realidade futura, ou seja, prever com qual realidade irá trabalhar.
Propostas	As propostas são o resultado do planejamento, tendo os vetores previsíveis (resultado do prognóstico) e os vetores possíveis e/ou desejáveis (perspectivas e visões).
Gestão Urbana	Conjunto de instrumentos, atividades, tarefas e funções que visam assegurar o bom funcionamento de uma cidade.

Fonte: Adaptado de Duarte (2007).

Em face disso, o planejamento urbano é um campo amplo que, de acordo com Duarte (2007), abrange aspectos da Sociologia, da Economia, da Geografia, da Engenharia, do Direito e da Administração, onde a última é muito valorizada por contemplar instrumentos novos para a gestão das cidades. Destarte, é abordada por Duarte (2007) a importância da gestão para o planejamento urbano com suas contribuições provenientes da administração contemplando aspectos da “boa governança” e da criação de uma administração pública mais focada na melhoria de qualidade de vida das pessoas.

Contudo, ao se tratar de melhoria da qualidade de vida nas cidades, há de se destacar as experiências de alternativas de desenvolvimento como vetores importantes para suprir gargalos da sociedade, quais Duarte (2007) aponta como as dimensões a serem tratadas no planejamento urbano, a exemplo da econômica, ambiental, infraestrutural, gerencial e territorial, cada um com aspectos internos inerentes.

Em sentido complementar concorda-se aqui com Carlos (2008) quando assevera que a cidade é uma construção humana, produto social, consubstanciação do trabalho e da materialidade das ocupações. Para ela, o “O modo de ocupação de determinado lugar da cidade se dá a partir da necessidade de realização de determinada ação, seja de produzir, consumir, habitar ou viver.” (CARLOS, 2008, p. 45). Sendo assim, a gestão e o planejamento urbano devem assegurar as diferentes formas de uso e ocupação do solo, a dimensão espacial imerso no cotidiano dos cidadãos, a produção do lugar destes e as particularidades implícitas e explícitas na constituição do modo de vida da cidade. (CARLOS, 2008).

Todavia, conforme Sposito (1997), o poder público, muitas das vezes, escolhe para realizar os investimentos urbanos, como bens e serviços coletivos, justamente os lugares mais abastados e com população detentora de maior poder aquisitivo ou que ainda poderão ser vendidos e ocupados por essa população futuramente. A esse respeito a autora supracitada afirma que os lugares mais afastados, sobretudo os mais densamente povoados, acabam no ostracismo e abandono. Por isso, questiona: “Será que a cidade cresce desordenadamente, porque ela não está sob planejamento? Será que o Estado (subjugado pelas classes dominantes) é neutro ao planejar seus investimentos?”. (SPOSITO, 1997, p. 75). Entretanto, Sposito (1997) roborava que o Estado manifesta-se tendencioso na escolha dos lugares para investimentos e posiciona-se em favor das contradições sociais impostas pelo desenvolvimento capitalista, que estão materializadas na estrutura e paisagem urbana.

Igual modo, Santos (2008) esclarece que o Estado expressa os ditames das classes dominantes, ávidas por espaços particulares para reprodução social e crenças da inviabilidade de um planejamento igualitário e participativo. Neste contexto, as leis de zoneamento, por exemplo, evidenciam as habitações dotadas de segregação e representantes de uma dinâmica urbana profundamente marcada pela disparidade socioeconômica.

Tecidas essas breves considerações sobre a gestão e planejamento urbano, segue item a respeito da agricultura urbana enquanto alternativa de desenvolvimento.

4 A FUNÇÃO DA RURALIDADE NA CENTRALIDADE E (RE)ESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO URBANO

No que tange ao conceito de AU, observa-se uma diversidade de definições, mais especificamente voltadas para o tempo de dedicação à produção, às especificidades da produção e ao tamanho e local do espaço utilizado. Conforme aponta Boukharaeva et al. (2005), o relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud) assinala que a produção familiar em tempo parcial corresponde à definição da AU que ocorre no Brasil. Desta maneira, “É uma microagricultura intensiva, cujos produtos são destinados à demanda local, na qual predominam os ciclos curtos e os pequenos circuitos de produção (BOUKHARAEVA et al., 2005, p.416-417)”.

De acordo com a Lei 15.973 de 12/01/2006, que dispõe sobre a política estadual de apoio à AU em Minas Gerais, entende-se como AU “o conjunto de atividades de cultivo de hortaliças, plantas medicinais, espécies frutíferas e flores, bem como a criação de animais de pequeno porte, piscicultura e a produção artesanal de alimentos e bebidas para o consumo humano”.

Assinale-se que as definições mais utilizadas da AU, para Mougeout (2005), se baseiam em determinantes como as atividades econômicas, considerando as fases produtivas (produção, processamento e comercialização) e a inter-relação destas no tempo; a localização, sendo o elemento mais considerado nas definições, observadas a agricultura urbana e a periurbana; os tipos de áreas, que considera a propriedade, o desenvolvimento da área (construída ou baldia), a modalidade do uso ou da posse e relaciona também a categoria oficial do uso do solo; o sistema e a escala de produção, que para o autor todos os sistemas são aceitos; os tipos de produtos, com ênfase na produção de alimentos; e a destinação dos produtos, em que o autor observa o fato de produção proveniente da AU se destinar tanto para o consumo quanto para a comercialização.

Mougeout (2005) ainda salienta a necessidade de se considerar a interação da AU com o ecossistema urbano. Neste contexto, considera que a definição de agricultura urbana não está ligada apenas à localização e sim à conexão com o organismo urbano. Assim, o autor assegura que “A agricultura urbana interage com diversas facetas do desenvolvimento urbano, também é fato que ela pode nos ajudar a diversificar e fortalecer nossas estratégias de gerenciamento urbano” (MOUGEOUT, 2005, p. 7).

Por sua vez, Aquino e Assis (2007) apud Brito (2011) consideram a AU uma estratégia frente aos gargalos enfrentados nas áreas urbanas (produção de lixo, inchaço populacional e inexistência de condições econômicas das populações pobres para a compra de alimentos). Isto porque “Na prática,

a agricultura urbana está desenvolvendo sua capacidade para ajudar a resolver ou enfrentar diversos desafios do desenvolvimento” (MOUGEOUT, 2005, p. 2).

Boukharaeva et al. (2005) e Brito (2011) asseveram a migração rural-urbano como um dos motivos do desenvolvimento de práticas de agricultura urbana e elencam as principais funções da AU, ponderando as funções alimentares, voltadas para segurança alimentar; as funções de bem-estar, por contemplar o contato com a natureza e, conseqüentemente, traz benefícios para a saúde física e mental que, conforme os autores, relaciona-se com a construção de identidade; e a função educadora e cultural, por potencializar a transmissão dos saberes e valores culturais. Para Brito (2011), a função cultural consiste na reprodução das práticas advindas do campo desenvolvidas na cidade.

Assim, é notado que as dimensões do conceito de desenvolvimento propostas por Leff (2009) relacionam-se diretamente com as funções observadas a respeito da AU, sendo a econômica, a otimização dos processos produtivos; a social, como a qualidade de vida; a ambiental, considerando principalmente aspectos de conservação e produção consciente; a institucional com a maior participação popular nas decisões; e a cultural com a valorização dos costumes populares e a promoção da cooperação. Nesse sentido, salienta-se a visão da AU como uma alternativa de desenvolvimento.

5 CONCLUSÃO

Contudo, é possível concluir que a Agricultura Urbana consiste em uma ferramenta de desenvolvimento, pois está contribui para o fortalecimento da sociedade frente ao processo de acumulação capitalista, onde sua vertente produtiva relaciona-se diretamente com o papel do desenvolvimento proposto pelos autores estudados.

A função da AU como alternativa de desenvolvimento consiste no fato de que a mesma apresenta a competência desenvolvimentista sem, na maioria das vezes, utilizar-se dos aspectos voltados para a exploração capitalista, porém está inserida no mercado.

Esta função desenvolvimentista é explicada pela capacidade da AU de gerar emprego e renda na cidade (função econômica); permitir maior permeabilidade do solo (função ambiental); proporcionar o bem-estar à população seja para o agricultor urbano seja para o consumidor devido à sua vertente agroecológica (função de saúde e bem-estar); permitir a valorização do agricultor e proporcionar a reprodução de um modo de vida originariamente rural na cidade (função cultural); levar até as pessoas a educação ambiental (função educacional); e comportar modelos organizacionais, em sua maioria,

voltados para a vertente cooperativista, com um caráter enveredado para a produção coletiva e uma inserção consciente no mercado (função empreendedora).

Além da relação direta com o desenvolvimento e, não menos importante, o estudo permitiu inferir também que a AU permeia as extensões tratadas no planejamento e na gestão urbana, como nas vertentes econômica, ambiental, infra-estrutural, gerencial e territorial.

Assim, ressalta-se a importância da inserção da AU na “agenda” da administração pública, pois consiste em um modo de produção eficiente para o desenvolvimento local e regional e que carece de atenção em políticas públicas da maioria das cidades brasileiras.

Nesse sentido, este tema consiste em uma discussão relevante no que tange a proposições no âmbito da gestão pública, por desta forma abranger uma maior parcela da sociedade; e também no âmbito da gestão privada, por dispor de um negócio rentável devido suas especificidades produtivas.

REFERENCIAS

- ALVES, J. B.; DENARDIN, V. F.; SILVA, C. L. Aproximações entre os Principais Indicadores de Sustentabilidade e as Alternativas ao Desenvolvimento Propostas por E. Leff. RDE - Revista De Desenvolvimento Econômico. Ano XIII, Nº 24. Dezembro de 2011, Salvador, BA.
- AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia Ambiente & Sociedade. Campinas, v. 10, n. 1, p. 137-150, 2007.
- BENKO, G. Economia, espaço e globalização. Paz e Terra: São Paulo, 1999.
- BOUKHARAEVA, L. M.; CHIANCA, G. K.; MARLOIE, M.; MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T. Agricultura Urbana como um Componente do Desenvolvimento Humano Sustentável: Brasil, França e Rússia. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 2, p. 413-425, maio/ago. 2005.
- BOUKHARAEVA, L. M. et al. Agricultura Urbana como um Componente do Desenvolvimento Humano Sustentável: Brasil, França e Rússia. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 2, p. 413-425, maio/ago. 2005.
- BRANDÃO, C. Desenvolvimento, Territórios e Escalas Espaciais: levar na devida conta as contribuições da economia política e da geografia crítica para construir a abordagem interdisciplinar In: RIBEIRO, Maria Teresa Franco e MILANI, Carlos R. S. (orgs.) (2008). "Compreendendo a complexidade sócio espacial contemporânea: o território como categoria de diálogo interdisciplinar" Salvador, Editora da UFBA.
- BRASIL. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 1988. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/topicos/10657746/artigo-182-da-constituicao-federal-de-1988>>. Acesso em: 20 Jun. 2016.
- BRASIL. Política Estadual de Apoio à Agricultura Urbana em Minas Gerais. Lei 15.973 de 12/01/2006. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=249716>>. Acesso em 22 abr. de 2016.
- BRASIL. Projeto de Lei do Senado nº 316, de 2009. Senado Federal, Brasília, DF. 09 jul. 2009. Disponível em: <<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/92148>>. Acesso em 26 jun. 2017.
- BRITO, G. S. Migrações rural/urbano e fluxos de conhecimento agroecológico: o caso de Montes Claros, Minas Gerais. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2011.
- CARLOS, A. F. A. A Cidade. 6ª ed. São Paulo: Contexto, 2008.
- CASTELLS, M. A Questão Urbana e Terra: Rio de Janeiro, 2009.
- CASTRIOTA, R. Urbanização Planetária Ou Revolução Urbana? De Volta À Hipótese Da Urbanização Completa Da Sociedade. CEDEPLAR/UFMG. 2016. Disponível em: http://diamantina.cedeplar.ufmg.br/2016/anais/economia/303-516-1-RV_2016_10_09_00_35_30_720.pdf. Acesso em 30 mai. 2017.
- DUARTE, F. Planejamento Urbano. Curitiba: Ibpex, 2007. 177p.
- FURTADO, C. Criatividade e Dependência na Civilização Industrial. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.
- FURTADO, Celso. O subdesenvolvimento revisitado. Economia e Sociedade, V.1, ago, 1992. p. 5-19.

HARVEY, D. A produção capitalista do espaço. Tradução Carlos Szlak. Coordenação Antônio Carlos Robert Moraes. São Paulo: Annablume, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Sinopse do censo 2010. Disponível em <https://www.censo2010ibge.gov.br/sinopse>. Acesso em 15 de Maio de 2016.

LEFEBVRE, H. A Revolução Urbana. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

MARICATO, E. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias: planejamento urbano no Brasil. In: Arantes, Otília; Vainer, Carlos; Maricato, Ermínia, orgs. A cidade do pensamento único: desmanchando consensos. Petrópolis: Vozes, 2000, p. 121-192.

MONTE-MÓR, R. L. O que é o urbano no mundo contemporâneo. Belo Horizonte: Cedeplar, 2006.

MONTE-MÓR, R. L. Urbanização, Sustentabilidade, Desenvolvimento: complexidades e diversidades contemporâneas na produção urbano. In: Costa, G.; Costa, H.; Monte-Mór, R. (eds) Teorias e Práticas Urbanas: condições para a sociedade urbana. Belo Horizonte, C/Arte. pp.55-70.

MOUGEOUT, L. J. A. Agricultura Urbana - conceito e definição. Revista de Agricultura Urbana nº 1, 2005. Disponível em: [file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador...orio/CD%20AU%20Portugues%20\(F\)/AU1/AU1conceito.html](file:///C:/Documents%20and%20Settings/Administrador...orio/CD%20AU%20Portugues%20(F)/AU1/AU1conceito.html) (1 of 8)14/12/2005 09:50:34 a.m. Acesso em: 15 Mai, 2016.

ORTEGA, A. C. Territórios deprimidos: desafios para as políticas de desenvolvimento rural. Editora Alínea, 2008.

RODRIGUES, Arlete Moysés. Moradia nas cidades brasileiras. 7ªed.- São Paulo: Contexto, 1997.

RUA, J. Urbanidades no Rural: o devir de novas territorialidades. CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de Geografia Agrária, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 82-106, fev. 2006.

SANTOS, M. A urbanização Brasileira. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2002.

SPOSITO, M. E. B. Capitalismo e Urbanização. São Paulo: Contexto, 1997

Capítulo 10



10.37423/230708024

USINAS FOTOVOLTAICAS: ESTUDO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS E INDICAÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS PARA AS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS ADVERSAS

Juliana Souza de Carvalho

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Fábio Souto de Almeida

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



INTRODUÇÃO

A demanda por energia vem aumentando expressivamente, sendo amplamente utilizadas fontes de energia não renováveis, como o petróleo e o carvão mineral (EPE 2020). A energia elétrica acompanhou a tendência geral, com expressivo aumento da sua utilização tendo em vista o amplo uso de eletrodomésticos, ferramentas, máquinas, veículos automotores, dentre outros, que demandam energia elétrica (Oliveira Neto & Lima 2017). No Brasil, a demanda por energia tende a continuar aumentando expressivamente nas próximas décadas (Tolmasquim et al. 2007), sendo a oferta de eletricidade advinda principalmente da energia hidráulica, correspondendo a aproximadamente 65% do total (EPE 2020).

Impactos ambientais significativos e diversificados são provocados pela extração e utilização das fontes de energia não renováveis (Martins et al. 2015). Porém, mesmo a energia hídrica sendo considerada como uma fonte renovável de energia, a implantação e operação das usinas hidrelétricas provocam alterações ambientais negativas que podem afetar áreas expressivas e influenciar de forma relevante a biodiversidade, a paisagem e a população que reside nas proximidades do empreendimento (Souza 2017).

A geração de energia elétrica por meio de usinas fotovoltaicas é uma importante alternativa ao uso de fontes não renováveis e pode complementar a produção obtida com as usinas hidrelétricas (Santos et al. 2008). A geração de energia solar fotovoltaica vem aumentando consideravelmente em todo mundo, tendo alcançado 227 GWp em 2015, com o acréscimo de 25% em relação à 2014 (Nascimento 2017). A utilização de usinas fotovoltaicas é especialmente interessante em países como o Brasil, onde ocorre expressiva incidência de radiação solar em grande parcela do território, durante todas as estações do ano (Viana 2010). Assim, tem se observado o aumento da implantação de usinas fotovoltaicas no Brasil, especialmente na última década, sendo a potência instalada em operação no país de 1306 MW em 2018 (0,8% do total da matriz elétrica brasileira), com a projeção de que a capacidade instalada continuará aumentando e representará 32% da matriz elétrica nacional em 2040 (Sauaia 2018). O potencial de geração de energia fotovoltaica em território brasileiro é 2,3 vezes maior que o consumo residencial, embora o potencial varie ao longo do território, pois considerando a média da radiação solar anual, os estados do Nordeste, além de Minas Gerais, Goiás e Tocantins apresentam os maiores potenciais para geração de energia solar, sendo considerável também o potencial no Estado do Rio de Janeiro (Nascimento 2017).

Contudo, mesmo que o empreendimento proporcione energia apontada como limpa e renovável, ainda assim ocorrem impactos ambientais relevantes decorrentes da sua implantação e operação, como a degradação do solo, a poluição de cursos hídricos, mudanças na composição de espécies no local, além de ocorrer riscos de acidente de trabalho (Cruz 2018). Assim, é necessário analisar os possíveis impactos ambientais provocados pelas usinas geradoras de energia solar, fator determinante para que a degradação ambiental decorrente desses empreendimentos seja minimizada. Além de estudar as alterações ambientais advindas das usinas fotovoltaicas, podem ser identificados os aspectos ambientais associados a esse empreendimento. Tais aspectos ambientais são entendidos como sendo os processos ou mecanismos que originam as alterações ambientais (Sanchez 2008, Almeida et al. 2017, Almeida 2020). O conhecimento das causas dos impactos ambientais é necessário para a indicação de medidas para a prevenção e redução da magnitude da degradação ambiental provocada pelo empreendimento (Almeida 2020).

Para a implantação e operação de usinas fotovoltaicas pode ser necessária a confecção de estudos ambientais, que são essenciais para a previsão das alterações ambientais que podem causar (Cruz 2018). Além disso, os empreendedores podem planejar sistemas de gestão ambiental para minimizar as consequências negativas das usinas e otimizar os impactos positivos que proporcionam (Roussoulières et al. 2013). Para o sistema de gestão ambiental, além de indicar os impactos ambientais ocasionados, também é essencial a previsão dos aspectos ambientais do empreendimento (Mata-Lima et al. 2018). Cabe ressaltar que o conhecimento dos impactos ambientais e das suas causas são importantes para a correta indicação das medidas mitigadoras que devem ser implementadas para diminuir a magnitude das alterações ambientais negativas das usinas fotovoltaicas (Cruz 2018, Almeida 2020).

Nesse trabalho, são apresentados aspectos ambientais de diferentes atividades relacionadas à execução da implantação e operação de usinas fotovoltaicas no território brasileiro, além de indicar as alterações ambientais provocadas. Também aponta medidas relevantes para reduzir a severidade dos impactos ambientais adversos. A avaliação dos aspectos e impactos ambientais do presente estudo pode auxiliar na confecção de futuros estudos para o licenciamento de usinas fotovoltaicas e na elaboração de sistemas de gestão ambiental para esses empreendimentos.

Este trabalho visa contribuir para a gestão ambientalmente correta de usinas fotovoltaicas através da análise dos aspectos e impactos ambientais relacionados a esses empreendimentos e da proposição de medidas mitigadoras.

MATERIAIS E MÉTODOS

USINAS FOTOVOLTAICAS

Nas usinas fotovoltaicas a radiação solar é convertida em energia elétrica, existindo relação entre a radiação incidida nos painéis solares e a quantidade de eletricidade gerada (Ferreira 2018). Inicialmente, esta forma de geração de energia foi utilizada como geração distribuída, normalmente com painéis sobre a cobertura de edificações, muitas vezes em área urbana, sendo usado, por exemplo, para atividades comerciais e também para uso residencial (Pereira et al. 2017, Cruz 2018). Também ocorre a geração centralizada, realizada frequentemente em usinas de grande porte, geralmente com os painéis instalados sobre o solo em estruturas metálicas (Pereira et al. 2017). A geração centralizada é o principal foco deste estudo.

A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal Nº 6.938 de 1981) indica que:

“Art. 10. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental” (Brasil 1981).

Para o licenciamento de alguns empreendimentos é exigido a preparação de estudos ambientais onde os impactos provocados pelos empreendimentos são previstos, para prevenir a degradação ambiental (Almeida 2020). A Resolução CONAMA N°01 de 1986 estabelece que “Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW” são empreendimentos passíveis de serem licenciados com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (Brasil 1986). A Resolução CONAMA N°279 de 2001 indica o licenciamento ambiental simplificado para empreendimentos do setor elétrico com potencial de impacto ambiental pequeno, entre os quais “Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia” e indica a possibilidade do empreendedor obter a licença prévia com o estudo ambiental denominado Relatório Ambiental Simplificado (RAS) (Brasil 2001). Tais estudos ambientais, além de outros, incluem o diagnóstico da área de influência do empreendimento, as características do empreendimento e os impactos ambientais previstos, além das medidas mitigadoras e compensatórias (Almeida et al., 2017, Almeida 2020).

É necessária a execução de diversas atividades para a implantação e operação de uma usina fotovoltaica, sendo tais atividades as fontes de aspectos ambientais e dos consequentes impactos ambientais (Sanchez 2008, Almeida 2020). A contratação de mão de obra é essencial para as fases de

implantação e operação das usinas, com os funcionários realizando, por exemplo, a limpeza do terreno, que pode envolver a supressão de vegetação na área diretamente afetada pelo empreendimento. O levantamento topográfico é útil para ampliar o conhecimento sobre a área em que o empreendimento será instalado e auxiliar no planejamento da instalação e na terraplanagem e na abertura de acessos. O processo de limpeza do terreno e a terraplanagem estão relacionados com a preparação do solo e execução de fundações para instalar a estrutura que manterá os painéis fotovoltaicos, além de fazer parte de obras de engenharia para a construção de estruturas de alvenaria destinadas ao apoio das atividades principais do empreendimento. Após a preparação do terreno, das fundações e instalação da estrutura base dos painéis, ocorre a fixação dos painéis fotovoltaicos e a instalação do sistema para distribuição da energia. Em várias etapas do empreendimento ocorre a utilização de maquinário e veículos pesados. O transporte de materiais é uma atividade necessária para a implantação da usina e também para a sua operação, assim como o armazenamento de materiais. Durante a operação das usinas fotovoltaicas é necessária a manutenção dos painéis fotovoltaicos e do material destinado à distribuição de energia. Para a constatação das atividades necessárias para a implantação e operação das usinas foram acessadas referências (Carvalho 2007, Perazzoli 2017, RIMA São Gonçalo 2017, Cruz 2018, RIMA Bom Lugar Norte 2018, RIMA Quixadá 2018, RIMA Aratinga 2019, RIMA Solar Serrote 2019, Pinheiro 2019, Cordeiro 2019), além da expertise dos autores.

METODOLOGIA

Foi realizada a coleta de dados a partir de uma revisão bibliográfica, que incluiu o acesso a trabalhos científicos publicados sobre impactos ambientais provocados por usinas fotovoltaicas ou por atividades semelhantes às necessárias para a implantação e operação das usinas fotovoltaicas. Também foram consultados estudos ambientais utilizados para licenciar usinas fotovoltaicas. A obtenção de informações sobre impactos ambientais de empreendimentos a partir de estudos ambientais confeccionados para efetivar o seu licenciamento foi metodologia utilizada por Landes (2016) e também por Cruz (2018), este último para estudar alterações ambientais de usinas fotovoltaicas. Tais estudos, além da expertise dos autores, foram utilizados como base para a indicação das atividades necessárias para a implantação e operação das usinas e conseqüentemente para indicar os impactos ambientais decorrentes destas atividades.

Deste modo, foram coletadas informações sobre as atividades necessárias para efetivar o empreendimento, os aspectos e impactos ambientais constatados e as medidas utilizadas para reduzir

a severidade dos impactos ambientais classificados como negativos (medidas mitigadoras). Todas as informações foram obtidas para as fases de implantação e operação do empreendimento.

As seguintes atividades foram identificadas como relevantes para a implantação e/ou operação das usinas fotovoltaicas: contratação de mão de obra; limpeza do terreno; levantamento topográfico; abertura de acessos; terraplanagem; transporte de materiais; armazenamento de materiais; preparação do solo; execução de fundações; utilização de maquinário; fixação dos painéis fotovoltaicos; manutenção dos painéis fotovoltaicos e do material destinado à distribuição de energia. A contratação de mão de obra e a utilização de maquinários permeiam as demais atividades, contudo optou-se por abordá-las independente das demais.

A previsão dos impactos ambientais provocados pela usina fotovoltaica também foi realizada com a matriz de interações adaptada de Valdetaro et al. (2015) e as redes de interações (Sanchez 2008, Almeida 2020), assim como Alves (2019). A matriz de interações visa relacionar ações antrópicas com elementos do meio ambiente e fatores ambientais, auxiliando na previsão dos impactos ambientais (Sanchez 2008, Almeida 2020, FGV 2020). Foram preparadas duas matrizes de interações, uma para a fase de implantação do empreendimento e outra para a fase de operação. As principais atividades necessárias para o empreendimento foram utilizadas nas matrizes de interações como sendo as fontes dos impactos ambientais. Foram realizadas redes de interações para cada aspecto ambiental obtido.

Os impactos ambientais foram ainda classificados quanto a sua natureza (positivos ou negativos), incidência (direto ou indireto), abrangência (local, regional ou estratégico) e duração (temporário ou permanente), conforme a Diretriz para realização de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA do Estado do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro 1997).

Após listar os impactos ambientais previstos para a fase de implantação e de operação do empreendimento, foram propostas medidas mitigadoras, com o objetivo de diminuir ou mesmo anular a magnitude das alterações ambientais adversas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ASPECTOS AMBIENTAIS

As atividades necessárias para a instalação e operação das usinas fotovoltaicas elencadas no presente estudo ocasionam ao menos dez aspectos ambientais (Figura 1). Tais aspectos ambientais podem ainda ser subdivididos, por exemplo, ao analisar detalhadamente quais gases são lançados na

atmosfera e os tipos de resíduos que são gerados. Considerou-se que o levantamento topográfico e a contratação de funcionários são atividades que não provocam aspectos ambientais relevantes, por esse motivo não foram incluídas na Figura 1.

O risco de acidentes pode ser considerado como um aspecto ambiental (Bacci et al. 2006). Acidentes podem ocorrer a partir de todas as atividades necessárias para a implantação e operação das usinas, mas as atividades necessárias para preparar o terreno para a implantação dos painéis solares são especialmente relevantes.

A emissão de gases, a geração de ruídos, os vazamentos e o consumo de combustíveis/ energia são aspectos ambientais comuns a várias atividades do empreendimento. O processo de abertura de acessos e de limpeza da área são as atividades que causam o maior número de aspectos ambientais, mas a terraplanagem e o transporte de materiais também são bastante relevantes.

Cabe mencionar que a geração de efluentes ocorre em meio a todas as atividades, devido aos efluentes sanitários. Mas considerou-se como sendo um aspecto ambiental relevante apenas para a manutenção dos painéis solares, devido ao periódico consumo de água e provavelmente detergente para a limpeza dos painéis fotovoltaicos. A limpeza periódica dos painéis é necessária para manter a produtividade da usina e a lavagem com detergente é comumente utilizada na limpeza (Gaió & Campos 2017).

Nota-se que as atividades relativas à implantação do empreendimento causam número expressivamente maior de aspectos ambientais que a manutenção dos painéis solares, atividade relativa à operação do empreendimento. Assim, é provável que a maioria dos impactos ambientais negativos provocados pelas usinas fotovoltaicas, inclusive os de maior magnitude, ocorram na fase da implantação.

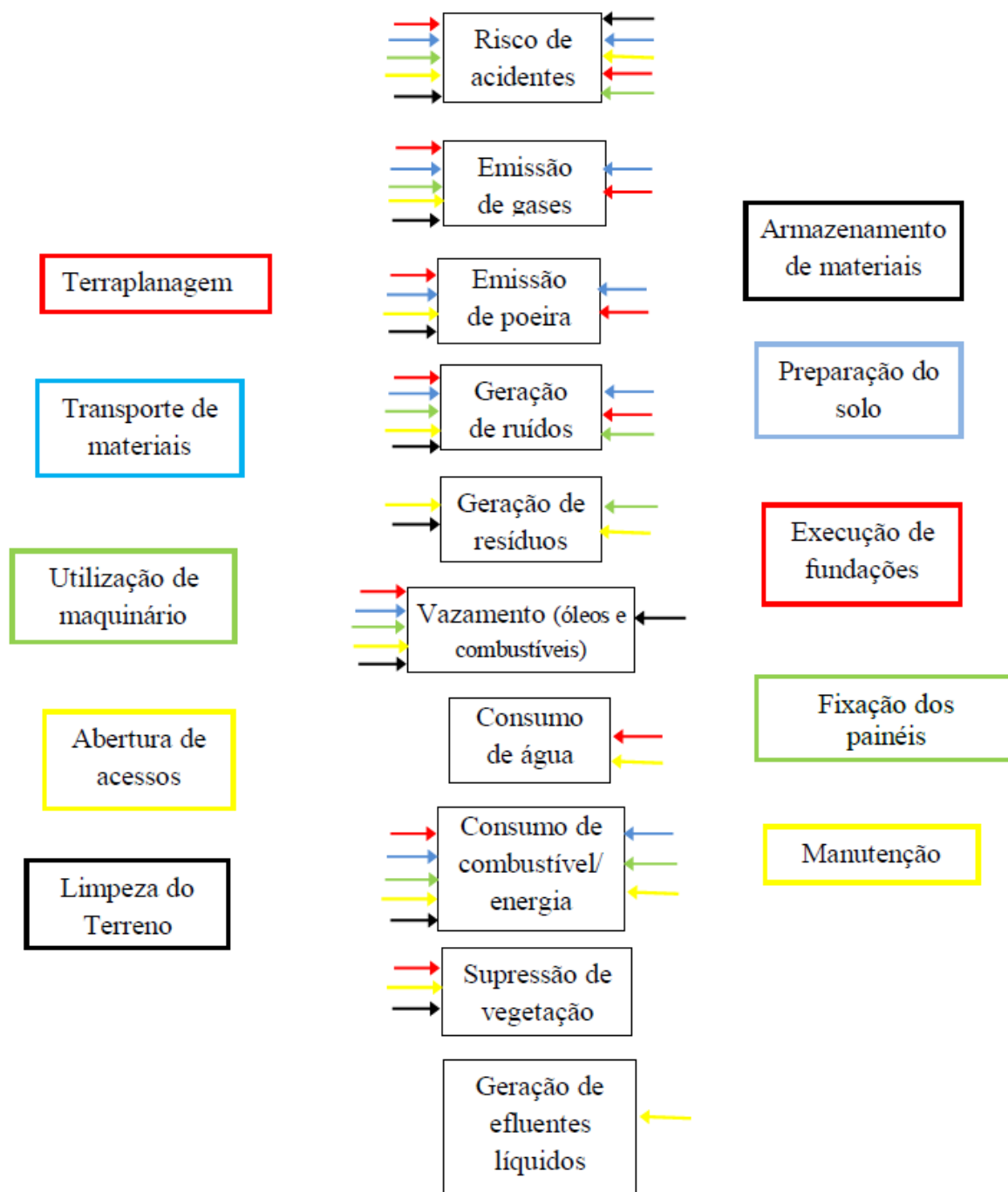


Figura 1. Aspectos ambientais ocasionados por diferentes atividades necessárias para a instalação e operação de usinas fotovoltaicas. Referências: Bacci et al. (2006); Carvalho (2007); Sanchez (2008); Vechi et al. (2016); Perazzoli (2017); RIMA São Gonçalo (2017); Cruz (2018); RIMA Bom Lugar Norte (2018); RIMA Quixadá (2018); Cordeiro (2019); RIMA Aratinga (2019); RIMA Solar Serrote (2019); Pinheiro (2019); Almeida (2020).

IMPACTOS AMBIENTAIS

Foram identificados 48 impactos ambientais diferentes provocados pelas atividades estudadas, necessárias para a implantação e a operação das usinas fotovoltaicas (Quadro 1). Apenas sete impactos ambientais foram classificados como positivos e quatro foram indicados como positivos e negativos. Desse modo, a maioria das alterações ambientais constatadas são adversas. É comum que a maioria dos impactos ambientais, de diferentes tipos de empreendimentos, sejam de natureza negativa (Landes 2016, Alvim 2017, Bento 2018).

As atividades que provocaram maior número de impactos foram a abertura de acessos e a limpeza do terreno (21 impactos cada), seguidos da terraplenagem (13 impactos), que são atividades que também se destacaram na geração de aspectos ambientais. Dentre as alterações ambientais que foram provocadas por maior número de atividades estão a incidência de acidentes de trabalho e as alterações ambientais relativas à biodiversidade e à degradação do solo.

Cruz (2018) apontou 71 impactos ambientais decorrentes de usinas fotovoltaicas no Ceará, porém a disparidade para o número de impactos do presente trabalho decorre de diferenças na metodologia adotada, já que o autor optou por utilizar os impactos como apontados pelos estudos ambientais, que incluíram aspectos ambientais citados como sendo impactos, como a geração de resíduos e efluentes líquidos, e ações foram citadas como impacto, como a “Aquisição de material de consumo e equipamentos” e “Projeção do esgotamento sanitário”. O autor também observou medidas mitigadoras colocadas como impactos – “Prospecção e resgate do patrimônio arqueológico” e “Recuperação das áreas de Preservação”. Além disso, foram observados impactos que podem ser entendidos como subconjunto de outra alteração ambiental. Impactos citados no presente estudo de forma agrupada, como Aumento da oferta de empregos e renda, foram indicados separadamente em Cruz (2018) – “Geração de renda” e “Geração de empregos”. Destaca-se que Cruz (2018) indica os erros constantes nos estudos ambientais no que se refere a citar aspectos ambientais como impactos, propõe a unificação de impactos e comenta sobre o uso de diferentes nomenclaturas e a necessidade da apresentação das alterações ambientais ser normatizada.

Já Cordeiro (2019) apresenta 18 impactos indicados por Filho et al. (2015) ao estudar empreendimentos em operação, 11 impactos apontados por Tolmasquim (2016) e quatro abordados por Reis (2015). Com base em seus próprios resultados Cordeiro (2019) aponta 52 impactos ambientais de usinas fotovoltaicas.

Quadro 1. Impactos ambientais relevantes provenientes de diferentes atividades necessárias para a implantação e operação de uma usina solar fotovoltaica. Nota: Meio afetado (biológico – B, físico – F e socioeconômico –S).

Atividades	Impactos Ambientais	Meio afetado
Limpeza do Terreno	Obstrução de redes de drenagem	F
	Aceleração de processos erosivos	F
	Alteração da qualidade da água	F
	Alteração da paisagem	F
	Redução da infiltração de água no solo	F
	Alteração na recarga do aquífero	F
	Acidentes de trabalho	S
	Riscos de acidentes ambientais	F
	Redução da cobertura vegetal	B
	Perda de habitat	B
	Redução de diversidade biológica	B
	Fragmentação de habitat	B
	Influência em ecossistemas protegidos	B
	Alteração da composição de espécies	B
	Redução do fluxo gênico	B
	Perturbação da fauna	B
	Perda de serviços ecossistêmicos	B
	Alteração do uso do solo	F
	Aumento do nível de ruídos	F
	Interferência em patrimônio cultural/arqueológico	S
Aumento da poluição atmosférica	F	
Levantamento topográfico	Aumento da segurança na execução do empreendimento	S
	Acidentes de trabalho	S
	Incremento de informações sobre a área	S
Contratação de mão de obra	Dinamização/aquecimento da economia local	S

	Aumento da oferta de empregos e renda	S
	Alteração no mercado imobiliário	S
	Alteração de atividades econômicas	S
	Aumento da população local	S
	Pressão sobre a infraestrutura de serviços públicos	S
	Aumento da arrecadação de impostos	S
	Melhoria de índices socioeconômicos locais	S
Terraplanagem	Aceleração de processos erosivos	F
	Alteração da estrutura do solo	F
	Alteração da qualidade da água	F
	Alteração na paisagem	F
	Desconforto ambiental	S
	Perturbação da fauna	B
	Alteração da composição de espécies	B
	Aumento da poluição atmosférica	F
	Interferência em patrimônio cultural/arqueológico	S
	Acidentes de trabalho	S
	Alteração na dinâmica do ecossistema local	B
	Aumento dos níveis de ruídos	F
	Incômodo a população causado pelo aumento de ruídos	S
Transporte de materiais	Contaminação do solo por vazamento de combustíveis ou óleos	F
	Alteração da qualidade da água por vazamento de combustíveis ou óleos	F
	Aumento da poluição atmosférica	F
	Aumento de fluxo de veículos na região	S
	Perturbação da fauna	B

	Alteração da composição de espécies	B
	Atropelamento de fauna	B
	Aumento dos níveis de ruídos	F
	Interferência na infraestrutura local	S
	Interferência no cotidiano da população	S
	Acidentes de trabalho	S
Armazenamento de materiais	Alteração da qualidade da água	F
	Contaminação do solo	F
	Alteração na paisagem	F
	Acidentes de trabalho com o material armazenado	S
Preparação do solo	Aumento dos níveis de ruídos	F
	Perturbação da fauna	B
	Compactação do solo	F
	Redução da porosidade do solo	F
	Redução da infiltração de água no solo	F
	Alteração na recarga do aquífero	F
	Alteração no fluxo da água superficial	F
	Acidentes de trabalho	S
Execução de fundações	Alteração na paisagem	F
	Aumento dos níveis de ruídos	F
	Contaminação do solo	F
	Acidentes de trabalho	S
Abertura de acessos	Perda de habitat	B
	Redução de diversidade biológica	B
	Fragmentação de habitat	B
	Influência em ecossistemas protegidos	B
	Alteração do uso do solo	F
	Alteração da composição de espécies	B
	Redução do fluxo gênico	B
	Redução da cobertura vegetal	B

	Alteração da paisagem	F
	Aceleração de processos erosivos	F
	Obstrução de redes de drenagem	F
	Acidentes de trabalho	S
	Aumento do nível de ruídos	F
	Riscos de acidentes ambientais	F
	Perturbação da fauna	B
	Perda de serviços ecossistêmicos	B
	Atropelamento de fauna	B
	Diminuição de recursos alimentares e de abrigo para a fauna local	B
	Alteração no fluxo da água superficial	F
	Alteração da qualidade da água	F
	Formação de áreas degradadas	F
Utilização de maquinário	Contaminação do solo por vazamento de combustíveis ou óleos das máquinas	F
	Alteração da qualidade da água por vazamento de combustíveis ou óleos das máquinas	F
	Aumento da poluição atmosférica	F
	Aumento dos níveis de ruídos	F
	Incômodo à população causado pela alteração nos níveis de ruído	S
	Acidentes de trabalho	S
	Alteração da composição de espécies	B
	Perturbação da fauna	B
Fixação dos painéis fotovoltaicos	Alteração na paisagem	F
	Riscos de acidentes com a fauna	B
	Alteração no fluxo da água superficial	F
	Formação de campo magnético	F
	Acidentes de trabalho	S
	Acidentes de trabalho	S

Manutenção dos painéis fotovoltaicos e do material destinado à distribuição de energia	Contaminação do solo	F
	Alteração da qualidade da água	F
Geral	Aumento da disponibilidade de energia elétrica	S
	Criação de expectativas e ansiedade na população	S

Referências: Carvalho (2007); Almeida et al. (2017); Alvim (2017); Perazzoli (2017); RIMA São Gonçalo (2017); Cruz (2018); RIMA Bom Lugar Norte (2018); RIMA Quixadá (2018); RIMA Aratinga (2019); RIMA Solar Serrote (2019); Pinheiro (2019); Almeida (2020); Cordeiro (2019); Filho et al. (2015); Tolmasquim (2016) e Reis (2015) Apud Cordeiro (2019).

Quatro impactos ambientais decorrentes da contratação de mão de obra foram considerados como de natureza positiva, três tiveram natureza tanto positiva quanto negativa e um apresentou natureza negativa (Quadro 2). As oportunidades de emprego e renda geradas por alguns empreendimentos são impactos positivos que podem atrair pessoas de outras regiões para a região onde o empreendimento é instalado, com isso pode ocorrer o aumento da população local e aumentar a demanda por serviços públicos e sobrecarregá-los, sendo este último um impacto negativo (Almeida 2020). Como mencionado, o aumento da população local pode acarretar problemas, mas também acarreta benefícios como, por exemplo, o aquecimento da economia local, tendo então natureza positiva e negativa. A alteração do mercado imobiliário é representada principalmente pela valoração de terrenos, imóveis e aluguéis nas proximidades do empreendimento, sendo benéfico para parcela da população e negativo para outra parcela. Do mesmo modo, as diferentes atividades econômicas serão impactadas de diferentes formas. O aumento da arrecadação de impostos é entendido como um impacto positivo pelos impostos poderem se reverter em benefícios para os cidadãos, sendo um impacto no meio socioeconômico apontado para diferentes empreendimentos (Almeida 2020). Todos os impactos da contratação de mão de obra foram classificados como de abrangência local.

Alguns funcionários serão contratados apenas para a instalação do empreendimento, porém outros serão necessários para a sua operação, sendo então a classificação desses impactos indicada como permanente. Pode-se dar preferência para a contratação de mão de obra local e proporcionar aos trabalhadores o seu aperfeiçoamento através de cursos de capacitação para a correta execução das atividades e, desse modo, maximizar os benefícios do empreendimento para a população local (RIMA Bom Lugar Norte 2018). Pode-se prever a contratação para a operação do empreendimento de parcela dos funcionários que atuaram na fase de implantação da usina fotovoltaica, sendo uma medida

mitigadora (RIMA São Gonçalo 2017). Cabe ressaltar que a melhoria de índices socioeconômicos locais terá maior magnitude caso os impostos arrecadados pelos órgãos públicos sejam aplicados adequadamente.

As adversidades decorrentes do abrupto aumento da população local, incluindo o aumento da pressão sobre os serviços públicos, como aqueles relativos à saúde, saneamento básico e educação, poderão ser mitigados com o planejamento, junto às autoridades públicas, para aumentar a oferta de tais serviços. Obter insumos de fornecedores locais e a contratação de mão de obra local também podem amenizar tais impactos negativos (Belo Sun, 2012 Apud Almeida 2020).

Na atividade de levantamento topográfico foram previstos três impactos ambientais, dois de natureza positiva e um adverso (Quadro 3). Esse levantamento proporcionará informações necessárias para a implantação do empreendimento, inclusive informações que irão aumentar a segurança na execução do empreendimento, sendo este último um impacto classificado como indireto, pois decorre da geração de informações. Com essa atividade é possível determinar o estado em que o relevo se encontra para que sejam realizadas as obras necessárias para a fixação dos painéis da maneira correta e segura, considerando-se aqui a possível inclusão do estudo da localização de árvores e rochas, impedindo que acidentes ambientais possam acontecer ao longo do projeto, fazendo com que o empreendimento tenha mais segurança na execução.

Quadro 2. Classificação dos Impactos Ambientais da atividade de contratação de mão de obra, na fase de implantação e operação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Dinamização/aquecimento da economia local	x			x	x				x
Aumento da oferta de empregos e renda	x		x		x				x
Alteração no mercado imobiliário	x	x		x	x				x
Alteração de atividades econômicas	x	x		x	x				x
Aumento da população local	x	x		x	x				x
Pressão sobre a infraestrutura de serviços públicos		x		x	x				x
Aumento da arrecadação de impostos	x		x		x				x
Melhoria de índices socioeconômicos locais	x			x	x				x

Porém, as atividades de levantamento topográfico, que comumente necessitam de trabalhos de campo, podem ocasionar acidentes de trabalho. Assim, é necessária a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) para a proteção dos trabalhadores (RIMA Aratinga 2019). Tais equipamentos de proteção devem ser utilizados pelos funcionários nas diversas atividades do empreendimento e podem incluir capacete, protetores auriculares, óculos de proteção, perneiras, luvas e botas adequadas. A escolha dos equipamentos a serem utilizados depende das características do local de trabalho e dos riscos que a atividade laboral oferece. O treinamento e a conscientização dos funcionários para a realização segura das atividades de implantação e operação da usina fotovoltaica também podem reduzir o número de acidentes (RIMA Bom Lugar Norte 2018, RIMA Aratinga 2019).

Quadro 3. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de levantamento topográfico, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Na	Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
		P	N	D	I	L	R	E	T	P
	Aumento da segurança na execução do empreendimento	x			x	x				x
	Acidentes de trabalho		x	x		x			x	
	Incremento de informações sobre a área	x		x		x			x	

atividade de limpeza do terreno foram previstos 21 impactos ambientais, todos de natureza negativa, a maioria de incidência indireta, abrangência local e duração permanente (Quadro 4). Foram observadas dez alterações ambientais do meio físico, nove do meio biológico e dois no socioeconômico. Nessa fase, os acidentes de trabalho podem ocorrer, por exemplo, a partir do uso do maquinário e pelo contato com animais peçonhentos, principalmente nos casos em que a limpeza do terreno envolve a supressão da vegetação nativa. A eliminação da vegetação na área diretamente afetada pelo empreendimento acarretará alterações imediatas sobre o solo, com consequências sobre o ciclo hidrológico. Essa sequência de alterações ambientais decorrentes do impacto de primeira ordem redução da cobertura vegetal (impacto direto) é frequentemente observada (Alves 2019, Almeida 2020). A redução da cobertura vegetal nativa ainda acarretará em severos danos à biodiversidade local, com conseqüente prejuízo para os serviços ecossistêmicos advindos das espécies atingidas. A supressão da vegetação e a emissão de ruídos, entre outros aspectos, provocará a perturbação da fauna, que nesse estudo está relacionada a mudanças de comportamento e afugentamento dos animais. Além de serem observados diversos impactos ambientais negativos, presume-se que essa é uma das fases do empreendimento onde as alterações ambientais terão as maiores magnitudes.

Sugere-se a execução de um rigoroso diagnóstico ambiental anterior ao início do empreendimento, conhecendo adequadamente a diversidade biológica local para realizar o resgate de fauna e flora antes de realizar a limpeza da área (RIMA São Gonçalo 2017, RIMA Bom Lugar Norte 2018, RIMA Aratinga 2019), incluindo nesse resgate especialmente espécies endêmicas e/ou que constem nas listas de ameaçadas de extinção. Os impactos sobre a biodiversidade podem ser minimizados se a usina for implantada em área já degradada, reduzindo os efeitos sobre ecossistemas naturais conservados.

Obras para disciplinar a drenagem do terreno e construir diques de contenção de sedimentos também podem ser úteis para minimizar os impactos negativos derivados dos efeitos da atividade sobre o solo (Almeida 2020). Destaca-se que o aumento de processos erosivos tende a reduzir a qualidade da água pelos sedimentos serem careados até os cursos d'água. Assim, as medidas para reduzir a erosão e chegada de partículas do solo nos lagos e cursos d'água, mitigam também a degradação da qualidade da água.

O impacto negativo relacionado à interferência em patrimônio cultural/arqueológico é frequente em diversos empreendimentos (Almeida 2020), incluindo usinas fotovoltaicas (Cruz 2018). Tal impacto pode ser mitigado com a pesquisa e resgate arqueológico (RIMA Aratinga 2019). A alteração da paisagem ocorrerá em função da limpeza do terreno e outras atividades, podendo ser mitigada, inclusive na fase de operação do empreendimento, através da execução de projetos paisagísticos. Tais projetos podem inclusive envolver o plantio de espécies arbóreas nativas.

Quadro 4. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de limpeza do terreno, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Obstrução das redes de drenagem		x		x	x			x	
Aceleração de processos erosivos		x		x	x				x
Alteração da qualidade da água		x		x	x			x	
Alteração da paisagem		x	x		x				x
Redução da infiltração de água no solo		x	x		x				x
Alteração na recarga do aquífero		x		x		x			x
Acidentes de trabalho		x	x			x			x
Riscos de acidentes ambientais		x	x		x			x	
Redução da cobertura vegetal		x	x		x				x
Perda de habitat		x		x		x			x
Redução de diversidade biológica		x		x	x				x
Fragmentação de habitat		x		x	x				x
Influência em ecossistemas protegidos		x		x	x				x
Alteração da composição de espécies		x		x	x				x
Redução do fluxo gênico		x		x	x				x
Perturbação da fauna		x		x	x				x
Perda de serviços ecossistêmicos		x		x	x				x
Alteração do uso do solo		x			x				x
Aumento do nível de ruídos		x		x	x			x	
Interferência em patrimônio cultural/arqueológico		x	x		x				x
Aumento da poluição atmosférica		x	x				x	x	

Na atividade de abertura de acessos foram previstos 21 impactos ambientais, todos de natureza negativa, a maioria de incidência indireta, abrangência local e permanente (Quadro 5). A maioria dos impactos afetou o meio biológico (onze impactos), seguido do meio físico (nove impactos) e do socioeconômico, com apenas um impacto. Muitas alterações ambientais que ocorrem nessa etapa do empreendimento também são observadas na limpeza do terreno, sendo as causas e consequências semelhantes. As alterações nos ecossistemas locais e no solo são bastante perceptíveis.

O traçado dos acessos deve ser minuciosamente planejado para reduzir os impactos ambientais negativos, incluindo a redução da cobertura vegetal nativa. Em relação aos impactos sobre a biodiversidade decorrentes da abertura de acessos, além da supressão da vegetação e perda de habitat, o tráfego de veículos pode causar o atropelamento de fauna e os ruídos afugentam animais, principalmente espécies sensíveis aos ruídos, como muitos mamíferos. A perturbação da fauna também é provocada pelo trânsito de pessoas, mesmo sem veículos. Caso exista fluxo relevante de veículos é aconselhável implantar passagens de fauna sob o acesso, limitar a velocidade dos veículos e educar os funcionários para diminuir o número de acidentes com a fauna. As passagens subterrâneas de fauna minimizam inclusive a redução do fluxo gênico. Além disso, a manutenção constante dos veículos pode reduzir a emissão de ruídos e mitigar o impacto aumento do nível de ruídos (RIMA Aratinga 2019) e os impactos indiretos derivados deste. Os protetores auriculares são utilizados para reduzir os problemas causados pelos ruídos nos trabalhadores (Almeida et al. 2020). A manutenção dos veículos também pode mitigar a degradação da qualidade do ar (RIMA Bom Lugar Norte 2018), além de evitar vazamentos que possam poluir o solo e os recursos hídricos.

Sobre a degradação do solo e da qualidade da água, como já mencionado, a execução de obras de drenagem e a construção de diques de contenção de sedimentos podem mitigar essas alterações negativas. As áreas degradadas devem ser recuperadas com programas de recuperação de áreas degradadas (RIMA Bom Lugar Norte 2018), que podem envolver o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas. Tais programas reduzem processos erosivos e outros impactos relativos à degradação da qualidade do solo e minimizam danos à biodiversidade e aos recursos hídricos (Almeida et al. 2020).

Quadro 5. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de abertura de acessos, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Perda de habitat		X		X	X				X
Redução de diversidade biológica		X		X	X				X
Fragmentação de habitat		X		X	X				X
Influência em ecossistemas protegidos		X		X	X				X
Alteração do uso do solo		X		X	X				X
Alteração da composição de espécies		X		X	X				X
Redução do fluxo gênico		X		X	X				X
Redução da cobertura vegetal		X	X		X				X
Alteração da paisagem		X		X	X				X
Aceleração de processos erosivos		X		X	X				X
Obstrução das redes de drenagem		X		X	X			X	
Acidentes de trabalho		X	X		X			X	
Aumento do nível de ruídos		X	X		X			X	
Riscos de acidentes ambientais		X		X	X				X
Perturbação da fauna		X		X		X			X
Perda de serviços ecossistêmicos		X		X	X				X
Atropelamento de fauna		X	X			X		X	
Diminuição de recursos alimentares e de abrigo para a fauna local		X		X	X				X
Alteração no fluxo da água superficial		X		X	X				X
Alteração da qualidade da água		X		X	X			X	
Formação de áreas degradadas		X		X	X				X

Na atividade de terraplanagem foram previstos 13 impactos, todos de natureza negativa, a maioria de incidência indireta, abrangência local, sendo oito de duração temporária e cinco permanente (Quadro 6). A maioria dos impactos ambientais previstos com a terraplanagem ocorreu no meio físico (seis impactos). Quatro impactos foram citados para o meio socioeconômico e, apesar da supressão da vegetação ter ocorrido em fases anteriores do empreendimento, três alterações ambientais foram indicadas para o meio biológico, sendo provocados principalmente pelos ruídos emitidos durante a atividade. Com essa atividade, assim como na limpeza do terreno e na abertura de acessos, são expressivas as alterações no solo e na paisagem. Cabe mencionar que a infraestrutura necessária para a execução de várias atividades de implantação e operação da usina fotovoltaica também geram a alteração da paisagem.

Quadro 6. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de terraplenagem, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Aceleração de processos erosivos		X		X	X				X
Alteração da estrutura do solo		X	X		X				X
Alteração da qualidade da água		X		X	X			X	
Alteração na paisagem		X		X	X				X
Desconforto ambiental		X	X			X			X
Perturbação da fauna		X		X	X			X	
Alteração da composição de espécies		X		X	X			X	
Aumento da poluição atmosférica		X	X			X		X	
Interferência em patrimônio cultural/arqueológico		X	X		X				X
Acidentes de trabalho		X	X		X			X	
Alteração na dinâmica do ecossistema local		X		X	X			X	
Alterações nos níveis de ruídos		X	X		X			X	
Incômodo a população causado pelo aumento de ruídos		X		X	X			X	

Na atividade de transporte de materiais foram previstas 11 alterações ambientais, todas de natureza negativa, a maioria de incidência direta, duração temporária e abrangência local, embora cinco tenham sido classificadas como de abrangência regional (Quadro 7). Quatro impactos atingiram o meio físico, três o meio biológico e quatro o meio socioeconômico.

Quadro 7. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de transporte de materiais, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Contaminação do solo por vazamento de combustíveis ou óleos		X	X			X		X	
Alteração da qualidade da água por vazamento de combustíveis ou óleos		X	X			X		X	
Aumento da poluição atmosférica		X	X			X		X	
Aumento de fluxo de veículos na região		X	X			X		X	
Perturbação da fauna		X		X	X			X	
Alteração da composição de espécies		X		X	X				X
Atropelamento de fauna		X	X		X			X	
Alteração nos níveis de ruídos		X	X		X			X	
Interferência na infraestrutura local		X	X		X				X
Interferência no cotidiano da população		X		X		X			X
Acidentes de trabalho		X	X		X			X	

O material necessário para a realização do empreendimento precisa ser transportado do local de aquisição até onde o empreendimento está localizado e durante o trajeto pode ocorrer o vazamento de óleo ou combustível, ocorrerá o aumento de fluxo de veículos na região, aumento da poluição atmosférica pela emissão de gases desses veículos e aumento da poeira. O índice de acidentes também poderá aumentar, incluindo o atropelamento de fauna, e haverá o aumento da frequência e

intensidade dos ruídos. Com o aumento do nível de ruídos, ocorre também a perturbação da fauna local.

A interferência na infraestrutura local pode ser minimizada com a manutenção desta infraestrutura, incluindo as ruas utilizadas pelo empreendimento. O planejamento para a escolha das melhores rotas e horários para o tráfego de carros e caminhões reduz a interferência no cotidiano da população e os danos do aumento dos níveis de ruídos.

Na atividade de armazenamento de materiais foram previstas quatro alterações ambientais, todas de natureza negativa, todas de incidência direta e abrangência local e a maioria de duração temporária (Quadro 8). Desses, três impactos atingiram o meio físico e um o socioeconômico. Diversos materiais são armazenados, incluindo óleos e combustíveis, peças dos painéis fotovoltaicos, material necessário para a distribuição da energia elétrica, equipamento e ferramentas usadas na instalação e manutenção dos painéis (RIMA São Gonçalo 2017, RIMA Bom Lugar Norte 2018, RIMA Quixadá 2018, RIMA Aratinga 2019, RIMA Solar Serrote 2019). Resíduos dos materiais armazenados podem provocar poluição do solo e recursos hídricos, a utilização de cimento também poderá gerar poluição. Cabe ressaltar que, durante a implantação do empreendimento, parte do material pode ser deixado em local aberto, o que pode agravar os problemas ocasionados por eles. É importante que todo o material utilizado fique adequadamente armazenado e os resíduos gerados tenham a correta destinação. O vazamento de recipientes contendo óleos, graxas e outras substâncias pode provocar a poluição do solo e também a degradação de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Quadro 8. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de armazenamento de materiais, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Alteração da qualidade da água		x	x		x			x	
Contaminação do solo		x	x		x			x	
Alteração na paisagem		x	x		x				x
Acidentes de trabalho com o material armazenado		x	x		x				x

Na atividade de preparação do solo foram previstos oito impactos ambientais, todos de natureza negativa, a maioria de incidência indireta, todos são de abrangência local e a maioria apresenta duração permanente (Quadro 9). A maioria dos impactos afetou o meio físico (seis alterações ambientais), um afetou o meio biológico e um o socioeconômico. O efeito negativo sobre a dinâmica hídrica e redução da infiltração da água no solo e recarga do lençol freático pode ser compensado com a execução de reflorestamentos ecológicos em outras áreas.

Quadro 9. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de preparação do solo, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Alterações nos níveis de ruídos		X	X		X			X	
Perturbação da fauna		X		X	X			X	
Compactação do solo		X	X		X				X
Redução da porosidade do solo		X		X	X				X
Redução da infiltração de água no solo		X		X	X				X
Alteração na recarga do aquífero		X		X	X				X
Alteração no fluxo da água superficial		X		X	X				X
Acidentes de trabalho		X	X		X			X	

Na atividade de execução de fundações foram previstos quatro impactos ambientais, todos de natureza negativa, de incidência direta e abrangência local (Quadro 10). Três foram classificados como de duração temporária e a alteração da paisagem foi classificada como de duração permanente. O concreto é preparado em máquina betoneira e logo em seguida é despejado em locais previamente preparados no solo. Durante o processo ocorrem ruídos e pode haver a contaminação do solo e acidentes de trabalho. A paisagem também é modificada.

Quadro 10. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de execução de fundações, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta - D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional - R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Alteração na paisagem		x	x		x				x
Alterações nos níveis de ruídos		x	x		x			x	
Contaminação do solo		x	x		x			x	
Acidentes de trabalho		x	x		x			x	

Na atividade de utilização de maquinários foram previstos oito impactos, todos de natureza negativa, a maioria de incidência direta, abrangência local e todos de duração permanente (Quadro 11). Quatro impactos afetaram o meio físico, dois o meio socioeconômico e dois o biológico.

Quadro 11. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de utilização de maquinário, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Contaminação do solo por vazamento de combustíveis ou óleos das máquinas		X	X		X				X
Alteração da qualidade da água por vazamento de combustíveis ou óleos das máquinas		X	X		X				X
Aumento da poluição atmosférica		X	X			X			X
Aumento dos níveis de ruídos		X	X		X				X
Incômodo à população causado pela alteração nos níveis de ruído		X		X		X			X
Acidentes de trabalho		X	X		X				X
Alteração da composição de espécies		X		X	X				X
Perturbação da fauna		X		X	X				X

Devido a possibilidade de vazamento de óleos e combustíveis das máquinas pode ocorrer a contaminação do solo e água. O aumento da poluição atmosférica ocorrerá pela emissão de gases pelos veículos, além da geração de poeira. Os combustíveis utilizados podem possuir substâncias prejudiciais à saúde, exemplo do benzeno, que é indicado como altamente perigoso e a sua emissão pode ocorrer pela evaporação da gasolina (INCA 2018). Além disso, por se tratarem de máquinas de grande tamanho, os níveis de ruídos são expressivos, afetando então a população próxima dos locais de tráfego. A geração de poeira, além da poluição sonora, causa incômodo à população. A manutenção dos equipamentos é importante para evitar o vazamento de óleos e combustíveis, assim como a poluição atmosférica e sonora.

Na atividade de fixação dos painéis fotovoltaicos foram previstos cinco impactos, todos de natureza negativa, incidência direta, a maioria de abrangência local e todos de duração permanente (Quadro 12).

Quadro 12. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de fixação dos painéis fotovoltaicos, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Alteração na paisagem		x	x		x				x
Riscos de acidentes com a fauna		x	x			x			x
Alteração no fluxo da água superficial		x	x		x				x
Formação de campo magnético		x	x		x				x
Acidentes de trabalho		x	x		x				x

A paisagem é bastante modificada com a instalação dos painéis solares. Os painéis instalados irão alterar o fluxo natural da água superficial, principalmente quando ocupam área de elevada dimensão, e o risco de acidentes com aves ocorre, os painéis também podem atrair insetos, e conseqüentemente atraindo aves que acabam sendo prejudicadas pelo calor como mostrado por Ho et al. (2015).

O impacto positivo “Aumento da disponibilidade de energia elétrica” é um dos benefícios mais importantes, principalmente considerando que a energia solar fotovoltaica é renovável e considerada uma energia limpa, se comparada a outras fontes de energia existentes. A criação de expectativas e ansiedade na população é um impacto socioeconômico, que é classificado como positivo e negativo, de incidência direta, abrangência regional e duração temporária. As usinas fotovoltaicas podem causar expectativas positivas de geração de emprego e renda e de maior disponibilidade de energia elétrica para os diversos usos. Por outro lado, empreendimentos podem proporcionar expectativas negativas como a ocorrência de degradação ambiental e de mudanças na dinâmica da população que reside próximo ao empreendimento. Para mitigar a negatividade deste impacto é necessário existir a

comunicação entre empreendedor e a população local, informando sobre as consequências negativas e positivas do empreendimento e as medidas mitigadoras que serão utilizadas e orientar a população para a adequada convivência dos cidadãos como a usina (RIMA Bom Lugar Norte 2018).

Na atividade de manutenção dos painéis fotovoltaicos e do material destinado à distribuição de energia foram previstos três impactos ambientais, todos de natureza negativa, dois de incidência indireta e abrangência local (Quadro 13). Todos impactos foram classificados como de duração permanente. Duas alterações ambientais afetaram o meio físico e uma o socioeconômico. Os impactos da atividade de manutenção dos painéis fotovoltaicos e do material destinado à distribuição de energia são ocasionados principalmente pela lavagem dos módulos, em que pode ser utilizado detergente, retirando dos módulos a poeira e detritos de aves, por exemplo. Resíduos podem ser gerados a partir do material usado na limpeza e na manutenção da fiação ligada aos módulos e rede elétrica, podendo ser fonte de poluição caso não sejam adequadamente armazenados e destinados. Também cabe ressaltar que pode ser necessário realizar a supressão de vegetação que crescer nas proximidades dos painéis fotovoltaicos e que possam sombrear os painéis.

Quadro 13. Classificação dos Impactos Ambientais na atividade de manutenção dos painéis fotovoltaicos e do material destinado à distribuição de energia, na fase de implantação da usina fotovoltaica. Nota: natureza (positiva - P ou negativa - N); incidência (direta – D ou indireta - I), abrangência (local - L, regional – R ou estratégico - E) e duração (temporária - T ou permanente - P).

Impactos	Natureza		Incidência		Abrangência			Duração	
	P	N	D	I	L	R	E	T	P
Acidentes de trabalho		X	X		X				X
Contaminação do solo		X		X	X				X
Alteração da qualidade da água		X		X		X			X

Cabe ainda ressaltar que algumas atividades necessárias para a implantação e operação das usinas fotovoltaicas apresentaram os aspectos ambientais consumo de água e consumo de combustível/energia, que ocasionam a redução da disponibilidade de água e de combustível/energia para outros fins. Esses impactos ambientais devem ser mitigados buscando-se aumentar a eficiência no uso de água e combustível e evitando-se o desperdício. Esses impactos não foram indicados no

Quadro 1 por considerar-se que tenham pequena magnitude para o empreendimento em questão, mas ainda assim devem ser mitigados.

Perazzoli (2017) propõem “o enquadramento das UFVs, via de regra, como de baixo impacto ambiental, com licenciamento simplificado e emissão de Licença Prévia e de Instalação em etapa única”. Porém, como demonstrado no presente trabalho, variadas alterações ambientais são provocadas pelas usinas fotovoltaicas, sendo necessário indicar e implantar as medidas mitigadoras adequadas. A autora supracitada também sugere que o enquadramento do potencial poluidor das usinas fotovoltaicas pode ser constatado a partir da análise da localização em área de fragilidade ambiental e de carecer ou não de supressão de vegetação nativa, o que pode ser indicativo do empreendimento necessitar do EIA/RIMA ou do Relatório Ambiental Simplificado (RAS) para o licenciamento. A supressão de vegetação nativa é necessária para a implantação de várias usinas (Cruz 2018, Cordeiro 2019).

Desse modo, existe a discussão da melhor forma de enquadramento das usinas fotovoltaicas e da melhor forma de realizar o seu licenciamento, incluindo o tipo de estudo ambiental a ser utilizado. O presente trabalho apresenta informações que podem auxiliar nesta discussão ao apresentar aspectos e impactos provocados pelas usinas fotovoltaicas e medidas mitigadoras que podem ser utilizadas, contribuindo para a conclusão do nível da degradação ambiental que tais empreendimentos podem provocar. Além disso, o estudo contribui para a elaboração dos futuros estudos ambientais para licenciamento e elaboração de sistemas de gestão ambiental para as usinas fotovoltaicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados obtidos, pode-se constatar que as atividades para a implementação das usinas fotovoltaicas provocam principalmente alterações ambientais negativas. A maioria dos impactos ambientais ocorre com a limpeza da área, a abertura de acessos e a terraplenagem. Foi observado um número expressivamente menor de impactos na fase de operação que na de implantação.

As alterações ambientais negativas sobre o solo se destacam em número e magnitude, com consequências sobre a qualidade dos recursos hídricos. Mas o aumento da ocorrência de ruídos e a poluição atmosférica também são frequentes. Os impactos negativos sobre a biodiversidade são bastante relevantes, mas podem ser minimizados se a usina for implantada em área já degradada, reduzindo os efeitos sobre ecossistemas naturais conservados. O risco de acidentes de trabalho se

destaca entre os impactos do meio socioeconômico. Os impactos positivos do empreendimento incluem o aumento da oferta de emprego e renda e o incremento da oferta de energia elétrica.

Elevado número de impactos negativos apresentam abrangência local e são temporários. Também podem ser mitigados através da correta aplicação de medidas preventivas e corretivas.

A energia elétrica é expressivamente importante para a sociedade atual. Assim, deve-se buscar a melhor forma de suprir a elevada demanda atual. Apesar do elevado número de impactos ambientais negativos observados, as usinas fotovoltaicas constituem-se em relevante alternativa a outros empreendimentos geradores de energia elétrica, por ter fonte renovável e ocasionar, em geral, menor degradação ambientais que as demais.

REFERÊNCIAS

Almeida FS, Garrido FSRG, Almeida AA (2017) Avaliação de impactos ambientais: uma introdução ao tema com ênfase na atuação do Gestor Ambiental. *Diversidade e Gestão* 1(1): 70-87.

Almeida FS Org. (2020) Impactos ambientais de grandes empreendimentos no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Autografia.

Alvim MMA. Análise dos impactos ambientais e medidas mitigadoras no planejamento, implantação e operação das rodovias no Brasil. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Bacci DLC, Landim PMB, Eston SM (2006). Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. *Rem: Revista Escola de Minas* 59(1), 47-54.

Bento LDP (2018) Impactos ambientais em aterros sanitários. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Belo Sun (2012). Relatório de Impacto Ambiental Projeto Volta Grande. Apud Almeida FS Org. (2020) Impactos ambientais de grandes empreendimentos no Brasil. Rio de Janeiro: Editora Autografia.

Brasil - Política Nacional do Meio Ambiente (1981) Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L6938.htm Acessado em: 18 out. 2020.

Brasil(1986)ResoluçãoCONAMANº001,de23dejaneirode1986.Disponívelem:<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> Acessado em: 18 out. 2020.

Brasil(2001)ResoluçãoCONAMAnº279,de27dejunhode2001.Disponívelem:<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=277> Acessado em: 18 out. 2020.

Carvalho AA (2007) Uma solução envolvendo painéis fotovoltaicos para o suprimento de energia ao LAFAE conforme um sistema de gestão ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 94p.

Clifford HO (2015) Review of avian mortality studies at concentrating solar power plants. Disponível em: <http://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4949164>. Acessado em: 13 de novembro de 2020.

Cordeiro BS (2019) Análise de estudos ambientais de empreendimentos fotovoltaicos de geração centralizada no Brasil. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Ambiental), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 56p.

Cruz VOR (2018) Avaliação das alterações ambientais provocadas por usinas fotovoltaicas no Ceará. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2020) Matriz energética e elétrica. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> Acessado em: 03 abril de 2020.

Ferreira OS (2018) Avaliação do potencial de geração de energia pela medição da radiação solar incidente em superfície na estação meteorológica da Ilha do Fundão – RJ. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FGV.FundaçãoGetúlioVargas(2020)MatrizdeInteração.Disponívelem:http://ead2.fgv.br/ls5/centro_rec/docs/matriz_interacao.doc Acessado em: 02 de Dezembro de 2020.

Gaio JN, Campos KMA (2017) Determinação do Tempo Ótimo para Limpeza de Painéis Fotovoltaicos para Obtenção da Melhor Produtividade - Estudo de Caso dos SFVCR's Implantados na UTFPR. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba,

INCA-InstitutoNacionaldoCâncer (2018) Benzeno. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/solventes/benzeno> Acessado em: 02 de Dezembro de 2020.

Landes AIG. Levantamento de impactos ambientais de usinas siderúrgicas no Brasil. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Martins SSS, Silva MP, Azevedo MO, Silva VP. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. HOLOS 31 (6): 54-76.

Mata-Lima H, Nunes F, Alvino-Borba A, Almeida JÁ (2018) Consolidação dos Sistemas de Gestão nas Empresas: Análise da Implantação dos Sistemas de Gestão Ambiental no Brasil. *Ambiência* 14 (3) :632–648.

Nascimento RL (2017) Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. Câmara dos Deputados, Estudo Técnico,ConsultoriaLegislativa.Disponívelem:http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequence=1 Acessado em: 24 de abril 2020.

Oliveira Neto CR, Lima EC (2017) Demanda residencial por energia elétrica no Brasil: uma análise econométrica a partir de séries temporais (1990-2013). *Economia-Ensaios* 32 (1): 241-264.

Perazzoli DL (2017) Análise do licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas no Brasil: proposta de regulamentação a nível nacional. Monografia (Especialista em Energias Renováveis), Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 175p.

Pereira EB, Martins FR, Gonçalves AR, Costa RS, Lima FJL, Rüther R, Abreu SL, Tiepolo GM, Pereira SV, Souza JG (2017) Atlas brasileiro de Energia Solar. 2ª ed., São José dos Campos : INPE, 58p. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE> Acesso em: 05 de set. 2020.

Pinheiro MFB (2019) Energia fotovoltaica no Brasil: uma análise dos leilões, da legislação, dos impactos e programas ambientais. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 88p.

RIMA São Gonçalo (2017) - Relatório de impacto Ambiental – Parque Solar São Gonçalo. Disponível em:http://www.semar.pi.gov.br/download/201902/SM22_67c03ce203.pdfAcessadoem:21deoutubro de 2020.

RIMA Bom Lugar Norte (2018) – Relatório de impacto Ambiental – Complexo Solar Fotovoltaico Bom Lugar Norte. Disponível em: https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2018/12/BL-NORTE_RIMA_DEF.pdf Acessado em: 21 de outubro de 2020.

RIMA Quixadá (2018) – Relatório de Impacto Ambiental – Complexo Fotovoltaico Quixadá. Disponível em: https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2020/02/2018_RIMA-COMPLEXO-FOTOVOLTAICO-QUIXADA_QUIXADA.CE_.pdf Acessado em: 21 de outubro de 2020.

RIMA Aratinga (2019) – Relatório de Impacto Ambiental – Complexo Fotovoltaico Aratinga. Disponível em: https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2020/01/RIMA_Complexo_FOTOVOLTAICO_ARATINGA.pdf Acessado em: 21 de outubro de 2020.

RIMA Solar Serrote (2019) Relatório de Impacto Ambiental – Complexo Eólico Solar Serrote. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2019/08/629-2019.pdf> Acessado em: 21 de outubro de 2020.

Rio de Janeiro (1997) DZ-041.R-13: Diretriz para realização de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental. RIMA. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_pres_aspres/documents/document/zwff/mda3/~edisp/inea_007166.pdf. Acessado em: 03 de abril de 2020.

Sanchez LA (2008) Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina do Textos.

Santos IP, Urbanetz Junior J, Ruther R (2008) Energia solar fotovoltaica como fonte complementar de energia elétrica para residências na busca da sustentabilidade. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10p.

Sauaia RL (2018) Energia solar fotovoltaica: panorama, oportunidades e desafios. 1º Workshop de Energia Solar Fotovoltaica Operador Nacional do Sistema Elétrico – NOS, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/02-Setor-Dr.RodrigoLopesSauaia-Absolar.pdf> Acessado em: 22 de abril de 2020.

Sistema de Informações de Geração da ANEEL (2020). Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibjI4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSI6ImMiOjR9> Acessado em: 13 de novembro de 2020.

Souza RFO (2017) Análise dos impactos ambientais ocasionados por usinas hidrelétricas no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Tolmasquim MT, Guerreiro A, Gorini R (2007) Matriz energética brasileira: uma prospectiva. Novos estudos CEBRAP (79): 47-69.

Vechi NRG, Gallardo ALCF, Teixeira CE (2016) Aspectos ambientais do setor da construção civil: roteiro para a adoção de sistema de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços. Sistemas & Gestão 11: 17-30.

Viana TS (2010) Potencial de geração de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos com concentrador no Brasil. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 165p.

Capítulo 11



10.37423/230708042

ASPECTOS E DISCUSSÕES SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

Vanderlei Marinheski

Secretaria Estadual de Educação do Paraná



Resumo: Os processos erosivos sempre estiveram presentes no relevo, atuando na esculturação e na caracterização das paisagens, com a remoção, transporte e deposição de materiais, sendo a água e o vento os principais agentes removedores e transportadores de sedimentos. Os processos erosivos ganham maior participação com manejos inadequados para as características do relevo, degradando em poucos anos solos de boa fertilidade para a agricultura. Todo uso do solo, para atividades agropecuárias ou reflorestamento, deverá ser com a caracterização física do relevo, seja da bacia no contexto geral, de um trecho de vertente, ou ainda, de uma propriedade rural. O tipo de manejo do solo é um dos fatores de grande influência nos processos erosivos. Assim, esse trabalho teve como objetivo geral trazer uma abordagem teórica sobre uso e conservação do solo.

Palavras-chave: Uso do solo; Processos erosivos; Degradação; Aptidão produtiva; Conservação.

INTRODUÇÃO

A humanidade, ao longo de sua história, sempre manteve um conjunto de conexões com a natureza. As relações entre homem e o meio foram deixando, no decorrer do tempo, significativas mudanças e interferências nos principais recursos naturais, tais como: solo, água e florestas. O homem, visando à busca do bem imediato, passou a degradar o espaço natural que o cerca. Essas relações foram perdendo o sentido de integridade (DREW, 1989). Muitas pessoas sabem que seus alimentos vêm de grandes marcas que dominam o mercado produtivo, mas se esquecem de que toda base produtiva está ancorada nos recursos oriundos da natureza.

Um bom exemplo, mencionado por Primavesi (2002), mostra que mesmo com todo desenvolvimento tecnológico atual, é ainda através do solo que obtemos a maioria dos minerais para suprir as necessidades da fisiologia do corpo humano. Com a morte e decomposição da matéria orgânica, esses minerais voltam novamente ao solo para serem incorporados por novos ciclos de vida. Até mesmo as pessoas que vivem longe do campo necessitam de alimentos ricos em minerais que são extraídos do solo.

Solos manejados de forma inadequada, com revolvimento total por máquinas pesadas, sofrem os efeitos da compactação e alteração da bioestrutura, repercutindo na capacidade produtiva (MARINHESKI, 2022). Os manejos do solo são influenciados pelas tendências do mercado, que ajudam a transformar e dinamizar as paisagens agrícolas. O solo, por ser componente principal, sente os efeitos diretos dessas transformações causadas pelas diferentes formas de apropriação do relevo.

De acordo com Gallardo (1998), entre os recursos naturais, o solo é que têm maior expressão na superfície do planeta, sendo destacado por sua função de assegurar a produção de alimentos e as principais atividades econômicas que o homem desenvolveu. Ainda sobre o assunto, Raij destaca que: “Solos férteis permitiram o desenvolvimento de civilizações e a criação de riquezas em inúmeras regiões do mundo” (RAIJ, 1991, p. 01). Como se observa, o solo tornou-se um dos primeiros elementos a sofrer a exaustão e, conseqüentemente, teve sua capacidade sustentadora comprometida pelos processos erosivos, que são desencadeados por usos incorretos para determinadas características ambientais (MORETI et al., 2003).

Na atualidade, muito do que se produz serve para suprir as necessidades criadas pela sociedade, exigindo-se cada vez mais do solo. A mecanização agrícola e o uso de produtos agroquímicos

propiciaram o aumento expressivo das safras, mas, paradoxalmente, contribuíram significativamente para o aumento das áreas degradadas pela erosão acelerada.

Segundo Tricart (1977) ao avaliar os processos que conduzem certos aspectos não favoráveis ao equilíbrio natural, deve-se prognosticar novas formas de recondução dessas ações. Nesse sentido, um bom planejamento pode minimizar os efeitos adversos de uma gestão deficiente para as características geoecológicas da área.

Ao entender as influências que usos inadequados do solo causam na degradação das terras produtivas e para o meio ambiente, como um todo, é um dos primeiros objetivos para rever práticas de manejo adequadas às aptidões produtivas da área.

O SOLO

Antes de tudo, faz-se necessário compreender o que é o solo plenamente formado. Para Vieira (1988, p. 09), o “solo nada mais é do que a resultante da ação conjunta dos agentes intempéricos sobre os restos minerais depositados e enriquecidos de detritos orgânicos”. Já Kavaleridze (1978, p. 09), destaca que o solo “é uma camada superficial do Globo Terrestre, no qual podem desenvolver-se as plantas, desde as mais primitivas, como as algas, os musgos e os líquens, até as mais desenvolvidas como as imensas árvores seculares”.

A formação do solo ocorre com o envolvimento de processos físicos, químicos e biológicos que atuam na desagregação e decomposição das rochas (VIEIRA, 1988). Com a participação dos processos intempéricos são formados as camadas de solo denominadas de horizontes. Segundo Popp (1998, p. 59): “Um solo maduro apresenta perfil onde podem ser identificados quatro horizontes que são designados por A, B, C e D, a partir da superfície do terreno.” Já Kiehl (1979, p. 32), ressalta que: “Os horizontes O, A, B e C quando relativamente espessos podem apresentar subdivisões [...]. Assim, por exemplo, o horizonte A, pode apresentar os sub-horizontes A1, A2, A3”. Essa caracterização da evolução dos perfis do solo pode ser observada na figura 1.

Os horizontes formados constituem camadas de solo rico em minerais para as plantas absorverem. Lepsch menciona que:

As plantas, além de consumirem água, oxigênio e gás carbônico, retiram do solo quinze elementos essenciais à vida. Desses, seis são absorvidos em quantidade relativamente grandes, designados macro nutrientes, compreendendo: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Outros nove, igualmente essenciais, mais usados em quantidades muito pequenas, são denominados micro nutrientes. Eles são: boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, cobalto e zinco (LEPSCH, 2002, p. 10).

Primavesi (2002) considera que o solo para ser produtivo além de possuir os minerais para as plantas absorverem, deve manter uma boa bioestrutura. “A produtividade do solo depende não somente de suficientes nutrientes, mas igualmente de um sistema poroso adequado na ‘camada arável’ do solo” (PRIMAVESI, 2002, p. 221). Essas características influenciam no armazenamento de água e no desenvolvimento radicular das plantas.

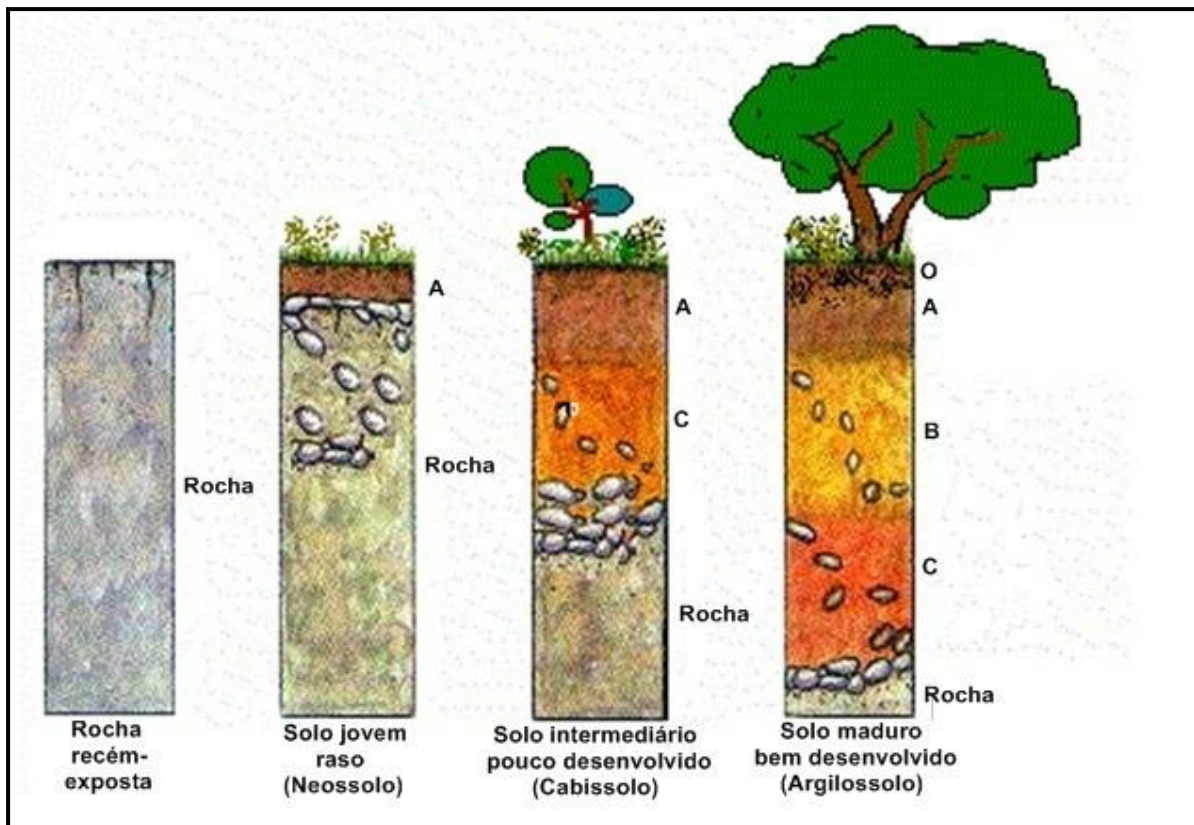


FIGURA 1 – Esquema do desenvolvimento dos horizontes do solo.

Fonte: Características dos perfis obtidas de Lepsch (2002); Imagem retirada de Rocha..., (2023).

O solo degradado é aquele que teve sua natureza transformada com mudanças físicas, químicas ou biológicas, decorrentes de oscilações do clima ou influenciadas por ações antrópicas, que implicam na diminuição da capacidade produtiva (LAL; STEWART, 1992). Segundo Hudson (1961), a degradação do solo ocorre quando a erosão causa a perda da capacidade de produzir culturas vegetais.

Para a FAO (1998 apud LEPSCH, 2002), somente 11% dos solos no planeta não apresentam nenhuma limitação para agricultura, 22% têm as camadas pouco espessas, 23% têm a fertilidade muito baixa, 28% são muito arenosos, 10% são muito úmidos e 6% estão com a superfície congelada. Além disso, a desertificação é outro problema que vem degradando grandes áreas manejadas inadequadamente. No ano de 2000, a desertificação atingiu a marca de 61,3 milhões de quilômetros quadrados em todo o planeta.

A erosão acelerada degradou grandes áreas de terras que até então possuíam boa produtividade, tornando-as impróprias para a produção agropecuária (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). A perda constante de solo se deve, em parte, aos métodos de cultivo intensivos e sem os devidos cuidados. “Em síntese, para que o fertilizante seja eficiente, é preciso haver solo para ser fertilizado, e a consequência final irremediável da erosão é a extinção de todo solo arável, do top-soil, ficando apenas a rocha estéril” (CASTRO, 2008, p. 105).

As diferenças de clima, relevo e espessura do solo, requerem diferentes práticas de manejo. Primavesi (2002) cita o caso dos países europeus que melhoraram a produtividade de seus solos com o revolvimento das terras, possibilitando aquecer e secar o solo gelado. Como resultado, as sementes obtiveram uma melhor germinação e maior produtividade. Essa mesma técnica de cultivo quando incorporado nos países tropicais, como o Brasil, acelerou os processos de degradação. Há registros na Índia de que em 3 anos o sistema de revolvimento total do solo destruiu terras que há 3.000 anos estavam nutrindo o povo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Ainda sobre o assunto, Vieira (1988) aponta que a natureza pode levar mais de 100 anos para formar 1 centímetro de solo, através dos processos físicos, químicos e biológicos, denominados de intemperismo. Esses processos atuam na desagregação e decomposição das rochas, formando camadas de terra com a presença de minerais e matéria orgânica. Já a destruição dessa camada, que a natureza levou milhares de anos para formar, pode ocorrer em poucos anos com cultivos inadequados, restando à camada compactada e sem os minerais necessários para a nutrição das plantas.

EROSÃO DO SOLO

Os processos erosivos sempre estiveram presentes no relevo, atuando na esculturação e na caracterização das paisagens, com a remoção, transporte e deposição de materiais, sendo a água e o vento os principais agentes removedores e transportadores de sedimentos.

Segundo Castro (1956), os processos erosivos são desencadeados por forças ativas e passivas. As forças ativas estão relacionadas aos eventos chuvosos, a declividade, o comprimento das vertentes e a capacidade de infiltração da água no solo. As forças passivas dizem respeito à proteção do solo contra os processos erosivos pela água como, por exemplo, a cobertura vegetal.

A erosão pode ser definida como a remoção e o transporte de materiais meteorizados (FLORENZANO, 2008). Destacada no Brasil, a erosão pluvial resulta do impacto e escoamento das águas da chuva, que dão início ao ciclo de desagregação e produção de sedimentos. Tricart (1977) explica que em ambientes de bioestasia, a vegetação intercepta parte das gotas da chuva, que chegam com atraso ao solo. Já em ambientes de resistasia, o solo desprotegido da cobertura vegetal sofre o impacto direto das gotas de chuva e do escoamento de seus excedentes.

De início ocorre o salpico, ou seja, a remoção dos agregados por impacto das gotas que são deslocadas, tanto à jusante quanto a montante do local de desagregação. À medida que a intensidade da chuva aumenta, formam-se as poças de água. Com o rompimento dessas poças, acontece o escoamento difuso, provocando a erosão laminar, podendo evoluir para sulcos e voçorocas, conforme o aumento da intensidade das precipitações pluviométricas, característica do relevo e estrutura do solo (CUNHA; GUERRA, et al., 1996).

Salomão et al. (1999) aponta que a erosão laminar se desenvolve em larga escala nas áreas ocupadas por atividades agrícolas, principalmente quando estas ocupam porções do relevo com declividades acentuadas e sem proteção da cobertura vegetal. Convém ponderar que o “primeiro impacto erosivo dos solos é propiciado pela ação mecânica das gotas, que promovem o arrancamento e posteriormente o deslocamento das partículas terrosas” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 29). Registre-se ainda a participação da energia cinética, tanto no impacto das gotas da chuva como no escoamento superficial das enxurradas:

Em ambos os casos é uma intensa forma de energia que desagrega e arrasta o solo, que é a energia cinética ou energia do movimento e sabe-se que é proporcional ao peso (ou massa) do que está se movendo (água e/ ou partículas do solo) e ao quadrado de sua velocidade (LEPSCH, 2002, p. 154).

Desta forma, a precipitação pluviométrica age em dois momentos: na produção e transporte de sedimentos. O primeiro é com o impacto das gotas de chuva que movimentam as partículas mais finas e, o segundo com o escoamento de fluxos difusos e concentrados que vão removendo e transportando materiais. Todos esses processos têm o aumento da intensidade com a maior declividade do relevo e a intensificação dos índices pluviométricos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Guerra et al. (1999), as crostas se formam com o deslocamento das partículas ao longo das encostas, impermeabilizando a camada superficial do solo. A diminuição das taxas de infiltração da água provoca o aumento dos fluxos de escoamentos, com grande potencial de remoção e transporte de materiais.

Os materiais desagregados são transportados para as áreas a jusante do relevo e, quando abrangem áreas de cultivo, removem camadas férteis do solo, assim como a adubação feita para o plantio das safras. Nessa esteira de pensamento, Bertoni e Lombardi Neto (1999) contribuem citando que em terras cultivadas, os processos erosivos removem grande porcentagem do fósforo absorvido pelas pequenas partículas do solo e do nitrogênio solúvel pela água.

As áreas do relevo desprotegidas de cobertura vegetal são susceptíveis ao impacto das gotas da chuva que desagregam e movimentam as partículas do solo, representando o início da movimentação da camada superficial do terreno (LEPSCH, 2002). Essa movimentação do solo é o processo erosivo que mais transforma a superfície terrestre e, muitas vezes, não é percebido por não apresentar mudanças imediatas na paisagem.

De acordo com Sorrenson e Montoya (1984), as marcas do desgaste dos solos devido à erosão laminar, foram amenizadas com a intensificação do uso de adubos químicos.

Para Guerra et al. (2005), alguns fatores controladores devem ser levados em consideração na avaliação dos processos erosivos, tais como: a erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal, características das encostas e as influências da ação antrópica. Morgan (1986) salienta ainda ser de fundamental importância a identificação desses fatores, relacionando-os com os processos erosivos, ou seja, deve-se compreender como, onde e porque ocorre a erosão.

A ação antrópica sobre o meio ambiente tem contribuído de forma substancial para acelerar os processos erosivos, resultando em perdas de terras férteis, contaminação da água, assoreamento dos cursos de córregos, rios e reservatórios, destruição dos ecossistemas terrestres e aquáticos, além dos problemas sociais e econômicos que podem ser relacionados à degradação do solo.

O homem, com a ocupação e o uso do solo para práticas produtivas, acelerou os principais agentes erosivos. De início, pode-se destacar a retirada da cobertura vegetal, associada a manejos inadequados para determinados níveis de declividade, o uso excessivo de adubos e defensivos agrícolas, grande ocupação bovina em pastagens, além das mudanças no “ritmo das relações entre as

plantas e o solo” (CHRISTOFOLETTI et al., 2005, p. 420), deixando para trás os lastros de terras degradadas.

TÉCNICAS DE MANEJO DO SOLO

Garantir uma produção adequada, diminuir os processos erosivos e assegurar a fertilidade das terras, são os principais objetivos de uma agricultura inserida na busca da conservação do solo e no desenvolvimento socioeconômico dos produtores.

Segundo Cogo, Levien e Scharwz (2003) com o uso adequado de sistemas de manejo e de técnicas conservacionistas reduz-se em torno de 50 a 90% os processos erosivos em áreas de cultivo, satisfazendo assim a produtividade e a conservação dos solos.

Para Salomão et al (1999, p. 258):

As práticas de conservação do solo devem ser aplicadas após o conhecimento integrado das potencialidades e limitações dos recursos de solo água em nível de bacias hidrográficas e/ ou microbacias. A escolha das técnicas deve, necessariamente, adaptar-se às características físicas e químicas do solo, à declividade e comprimento da encosta e ao tipo de cultivo. Deve, portanto, adequar-se à capacidade de uso da terra.

Além da logística dos usos adequados às características do relevo, também devem ser destacadas as principais técnicas de cultivo do solo como o plantio direto, a adubação verde e o plantio em curvas de nível (LEPSCH, 2002).

PLANTIO DIRETO

O plantio direto é uma técnica de manejo do solo que teve suas primeiras demonstrações apresentadas em 1930, na Inglaterra. No Brasil esse sistema de lavoura teve início a partir de 1970 em lavouras paranaenses (LEPSCH, 2002). Considerado por muitos pesquisadores como uma das maiores descobertas em cultivar o solo sem resolvê-lo, contribuindo em muito para a diminuição dos arrastes erosivos.

É um método, no qual, as sementes são colocadas diretamente no solo, somente é aberto um pequeno sulco, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo (SILVA, 1997).

Segundo Lepsch (2002, p.168) “Com o sistema de plantio direto, racionaliza-se a agricultura interrompendo o ciclo das ervas daninhas, e a premência do desbravamento de áreas nuas diminui, o solo é protegido da erosão e uma maior rentabilidade é proporcionada ao agricultor”.

É um método de cultivo em que se mantém a estrutura física do solo, por não haver o revolvimento total. Já, a palhada existente protege a camada superficial dos impactos das gotas de chuva, amortecendo a energia cinética. As raízes das plantas formam a cobertura vegetal, estabelecem barreiras de contenção dos agregados estruturais. Possibilitando ainda a existência de microorganismos, que transformam essa palhada em húmus e disponibilizam minerais para as plantas (VIEIRA, 1984).

De acordo com Bertol et al. (2007), em experimentos realizados com semeadura direta no solo, foi identificada a redução de 88% da remoção de solo e de 57% das perdas de água, se comparados ao sistema de plantio convencional. As menores perdas de solo são decorrentes da proteção da cobertura vegetal, que evita o impacto direto das gotas de chuva, já as perdas de água podem ser relacionadas à estrutura física do solo (capacidade de retenção e infiltração da água).

ADUBAÇÃO VERDE

O manejo da biomassa do solo deve priorizar a integração dos restos culturais na camada da terra cultivada. Para Melo et al (1994), o solo é um transformador de resíduos orgânicos em minerais para as plantas, além de a matéria orgânica ser fundamental no melhoramento da estrutura do solo. Portanto é de significativa importância evitar a queima dos restos culturais e incrementá-los aos sistemas de manejo.

A adubação verde complementa o sistema de plantio direto com a palhada que recobre a parte superficial do terreno, protegendo o solo do contato direto das gotas da chuva e diminui a velocidade do escoamento da água. Além disso, os vegetais usados como adubo verde, fornecem matéria orgânica, sombra, umidade e ajudam no desenvolvimento dos microorganismos, que transformam a matéria orgânica em húmus.

A palhada protege o solo do impacto direto das gotas da água, reduz efetivamente os processos de remoção de sedimentos pela erosão hídrica, em virtude da dissipação da energia cinética da chuva e das enxurradas, proporcionando o aumento da infiltração da água no solo (COGO, LEVIEN e SCHWARZ, 2003).

Segundo Derpich (1984), os restos de plantas incorporados biologicamente pelo solo trazem resultados positivos, melhoram a constituição física dos agregados estruturais e protegem os minerais de serem lixiviados. Ainda merece atenção que as plantas leguminosas em seu processo de crescimento absorvem o nitrogênio da atmosfera e fixam simbioticamente no solo, ou seja, melhoram a fertilidade.

CURVAS DE NÍVEL

O plantio em curvas de nível “consiste em semear e executar todas as operações de cultivo no sentido perpendicular às maiores pendentes” (LEPSCH, 2002, p. 162). Dessa forma, as linhas das plantas cultivadas ajudam a interceptar o rápido escoamento da água, diferente do que acontece com o plantio paralelo as maiores declividades, no qual, a água segue os próprios sulcos das semeaduras removendo o solo e aumentando as incisões.

Para obter melhores resultados ainda é recomendado deixar as faixas de cultivo mais próximas do nível, isso pode ser feito com o uso de máquinas: o trator com o arado, ou com um método mais eficiente usando um trator de esteira com a lâmina motoniveladora. (IAPAR, 1991).

USO DO ESCARIFICADOR

Em sistemas tradicionais de cultivo o solo é revolvido com o arado, conseqüentemente é nivelado com a grade de discos, método trazido da Europa, com a vinda dos imigrantes.

No Brasil essa técnica de cultivo trouxe grandes prejuízos com áreas degradadas pela erosão, e a partir de 1970 começou a ser substituído pelo escarificador. Um implemento que faz a subsolagem do terreno através de braços de aço espaçados entre si (VIEIRA, 1984).

Para Vieira (1984), o uso do escarificador deve ser atribuído a solos compactados. Já em solos com alto teor de macroporos a intensiva utilização desse implemento agrícola, pode ajudar a lixiviar os nutrientes minerais para o subsolo. O IAPAR (1991), recomenda o uso de escarificador em sistemas de plantio direto a cada 3 ou 4 anos de cultivo.

Um implemento agrícola que pode trazer bons resultados na manutenção dos agregados estruturais do solo. Isso vai depender do conhecimento do produtor com relação às condições físicas do solo, e assim utilizar o mesmo somente quando a camada de cultivo estiver compactada.

CONSERVAÇÃO DO SOLO

O uso eficiente do solo é um dos primeiros fundamentos para obter uma agricultura adequada, podendo ser alcançado com as técnicas certas e em locais corretos, utilizando o máximo das características naturais para ter boa produtividade sem degradar o solo (Hudson, 1982). De acordo com Lepsch (2002) e Lepsch et al (1983) cada solo tem um limite máximo de condição de utilização. Assim, cada atividade produtiva deve ser estabelecida de acordo com as variáveis físicas do ambiente. Terras situadas em locais com declives acentuados são indicadas para pastagens ou reflorestamento,

e não para agricultura intensiva, na qual o solo é totalmente revolvido. Bertoni e Lombardi Neto (1999) explicam que para a adaptação das práticas de uso e ocupação do solo, as características da topografia do relevo devem ser avaliadas, por referenciarem os índices de declividade. A declividade contribui para o aumento da energia cinética das enxurradas e, constantemente, para o aumento dos processos erosivos. Segundo Castro Filho et al (1999) a declividade é um dos principais fatores a serem considerados no planejamento de bacias hidrográficas para uso e ocupação do solo, uma vez que as áreas íngremes dificultam o cultivo e deixam o solo mais propenso aos arrastes erosivos. Ressalta-se aqui a importância em conter os processos erosivos em áreas agricultadas, visto que, a erosão além de destruir as terras produtivas contribui para inúmeros problemas socioambientais. Nessa linha de pensamento merecem-se atenção especial os projetos de educação em solos (Freitas et al. 2018). Para divulgação e popularização dos saberes e práticas que diminuem os processos de degradação do solo, e que se tornem práticas cotidianas nos sistemas de manejo do solo (Oliveira; Costa, 2018).

Os diferentes usos da terra para práticas agropecuárias têm, ao longo do tempo, a erosão acelerada como a principal causa da degradação dos solos férteis. A agricultura com o revolvimento total do solo ou mecanização agrícola e a superlotação das pastagens, são as principais causas da degradação das terras produtivas pela erosão acelerada.

Solos manejados de forma inadequada com revolvimento total por máquinas pesadas sofrem os efeitos da compactação e alteração da bioestrutura, repercutindo na capacidade produtiva. Os manejos do solo são influenciados pelas tendências do mercado, que ajudam a dinamizar as paisagens agrícolas. O solo, por ser componente principal, sente os efeitos diretos dessas transformações causadas pelas diferentes formas de uso do relevo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo é um dos principais elementos que assegura a vida na natureza, sustentando os campos de cultivo e assegurando a base alimentar de toda a humanidade. Com isso, é de fundamental importância o estudo dos fatores e elementos que causam a degradação das terras férteis

Os diferentes usos do solo para práticas agropecuárias têm, ao longo do tempo, a erosão acelerada como a principal causa da degradação das terras férteis. A agricultura com o revolvimento total do solo ou mecanização agrícola é uma das principais causas da degradação das terras produtivas pela erosão acelerada.

Com uso de técnicas como o plantio direto a adubação verde, curvas de nível e uso do escarificador, pode-se diminuir em muito a degradação das terras férteis.

É importante frisar que o manejo do solo influencia no aumento ou na diminuição da ação dos agentes erosivos. Assim, é imprescindível identificar a aptidão da terra quanto sua capacidade de uso para ter maior produtividade e diminuir a degradação do solo devido aos processos erosivos. E que a temática (educação em solos) ganhe abrangência nos sistemas de ensino e na atuação in loco com sujeitos que trabalham diretamente com terra.

REFERÊNCIAS

- BERTOL, I. et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. V. 31. p. 133-142, 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- CASTRO FILHO, C. de et al. Planejamento Conservacionista em Microbacias Hidrográficas. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. *Uso e Manejo dos Solos de Baixa Aptidão Agrícola*. Londrina: IAPAR, 1999.
- CASTRO, F. S. de. *Conservación de Suelos*. Madrid: Salvat, 1956.
- CASTRO, J. de. *Geografia da Fome*. 9. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A (et al., 2005). Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org). *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 743-753, 2003.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (et al., 1996). *Degradação Ambiental*. CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs). *Geomorfologia e meio ambiente (orgs)*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- DERPSCH, R. et al. *Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. IAPAR, GTZ, 1984.
- DREW, D. *Processos Interativos Homem-Meio Ambiente*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.
- FLORENZANO, T. G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais (org)*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- FREITAS, A. de L. et al. Percepções sobre a importância do solo: Estudo de caso em uma escola de Itapetim – PE. *ACSA, Patos-PB: v.14, n.1, p.42-49, Janeiro-Março, 2018*.
- GALLARDO, D. J. *Usos y Conservación de Suelos*. *Geologia Ambiental. Série Engenharia Geoambiental*. Instituto Tecnológico Geominero de Espanha, Madrid, 1988.
- GUERRA, A. J. T. et al. O início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). *Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- GUERRA, A. J. T. *Processos Erosivos nas Encostas*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org). *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- HUDSON, N. *Conservacion del suelo*. Buenos Aires: REVERTÉ, S. A., 1982.

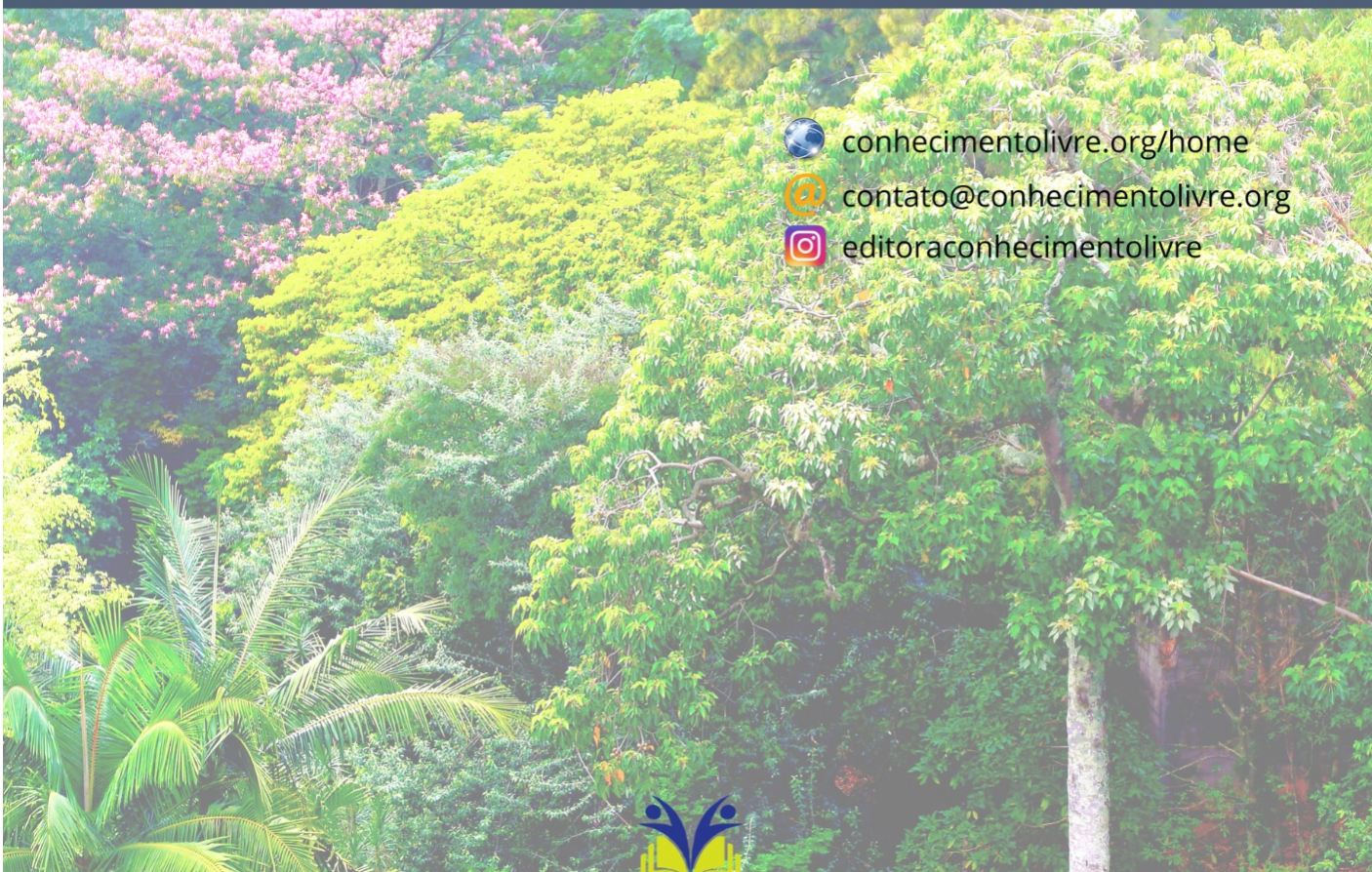
- IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). Controle da Erosão no Paraná Brasil; Sistema de cobertura do solo; Plantio direto e preparo conservacionista do solo. (org), 1991.
- KAVALERIDZE, W. C. Nossos Solos. Curitiba: Voz do Paraná, 1978.
- KIEHL, E. J. Manual de Edafologia. 1. ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1979.
- LAL, R.; STEWART, B. A. Soil Restoration. New York, Advances in Soil Science, 1992.
- LEPSCH, I. F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- MARINHESKI, V. Capacidade de uso da terra em duas comunidades rurais tradicionais do Paraná. Boletim de Geografia, v. 40, p. 53-67, 2022.
- MELO, W. J. de. et al. Manejo: aspectos biológicos. In: PEREIRA, V. de P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal: FCAV-UNESP/SBCS, 1994.
- MORETI, D. et al. Importantes características de chuva para conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). Revista Brasileira Ciência do Solo. v. 27. p. 713-725, 2003.
- MORGAN, R. P. C. Soil erosion and conservation. Inglaterra: Longman Group, 1986.
- Oliveira, J. S.; Costa, S. Abordagem do conteúdo solo no ensino fundamental: uma proposta para a aprendizagem significativa. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 9, p. 31-49, 2018.
- POPP, J. H. Geologia Geral. 5. ed. São Paulo: Editora Santuário, 1998.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991.
- ROCHA...; Imagem, recursos naturais. Disponível em: < geoconceicao.blogspot.com/2012/06/santa-catarina-solos.html>. Acesso em: 14 junho. 2023.
- SALOMÃO, F. X. de T. et al. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- SILVA, C. C. da. Plantio Direto na Pequena Propriedade – Tração Animal. 2. ed. Curitiba: 1997.
- SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. Implicações econômicas da erosão do solo e de práticas conservacionistas no Paraná, Brasil. Londrina: IAPAR, GTZ, Erchbom, 1984.
- TRICART, J. L. F. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.
- VIEIRA, L. S. Manual da ciência do Solo: com ênfase aos solos tropicais. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988.

VIEIRA, M. J. Cultivo mínimo comparado a outros sistemas. Efeitos no solo e na planta. Londrina: IAPAR, 1984.



BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME V



 conhecimentolivre.org/home
 contato@conhecimentolivre.org
 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE