

A close-up photograph of a human hand with light skin and manicured nails, gently touching a vibrant green, textured surface of moss. The background is a dense, out-of-focus forest floor covered in similar moss, creating a rich, natural atmosphere.

Meio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022

A black and white photograph of a hand gently touching a mound of dark, rich soil. The hand is on the left side of the frame, with fingers slightly spread. The soil is on the right, showing its texture and depth. The background is a blurred continuation of the soil.

Meio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Medio ambiente: preservación, salud y sobrevivência 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M491 Medio ambiente: preservación, salud y sobrevivência 2 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0470-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.705222207>

1. Medio ambiente. 2. Preservación. I. Paniagua,
Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



PRESENTACIÓN

El e-book: “Medio Ambiente: Preservación, Salud y Sobrevivência 2” consta de seis capítulos de libros de investigación científica que sacan a la luz la preocupación de la relación hombre-medio ambiente que incrementa la degradación del medio ambiente y sus recursos naturales.

El primer capítulo nos presenta la importancia de desarrollar la conciencia/educación ambiental como una forma de promover una relación más armónica y sostenible con el medio ambiente, garantizando los recursos naturales para las generaciones futuras. El segundo trabajo presenta una reflexión sobre la importancia de la educación ambiental y el saneamiento básico para estudiantes de secundaria de una escuela pública ubicada en la zona rural del municipio de Unaf, en el estado de Minas Gerais - Brasil.

El Capítulo 3 presentó un estudio con el fin de investigar el poder calorífico superior e inferior generado a partir de los residuos sólidos urbanos (RSU). Los resultados mostraron que el uso de energía es representativo y recomendado para generar energía en ciudades con poca población. El Capítulo 4 investigó el uso de nanopartículas magnéticas asociadas con coagulantes orgánicos e inorgánicos. Los resultados mostraron que el uso de coagulante a partir de semillas de *Moringa oleifera* presentó una remoción del 99,85% luego del proceso de filtración aplicado al efluente galvánico

Finalmente, el capítulo 5 presenta un trabajo que investigó la estructura poblacional y ecológica de la especie de *Polylepis rugulosa* en la región del Perú. Los resultados mostraron que la etapa de plántula es más alta que la etapa adulta. La especie de *P. rugulosa* tiene una densidad menor que las otras especies en los bosques de Quenoa en Perú y Colombia. En el capítulo 6 se estudió el banco de fragmentos de bosque y estrato herbáceo-subarbusto en la ciudad de Sorocaba (SP), lo que resultó en baja riqueza y densidad de plántulas de especies arbóreas, actuando como indicador de fragilidad.

En esa perspectiva, la Editora Atena viene trabajando para estimular y animar a cada vez más investigadores de Brasil y de otros países a publicar sus trabajos con garantía de calidad y excelencia en forma de libros, capítulos de libros y artículos científicos

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ENVIRONMENTAL EDUCATION FOR DWELLING AS A SUSTAINABLE UNIT

Alma Leticia Garcia Hernandez

JR. Mayorga Cervantes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7052222071>

CAPÍTULO 2..... 16


EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO: PROBLEMATIZAÇÃO DO TEMA SANEAMENTO BÁSICO

Mariana Stéfani Barbosa

Lorrány Ribeiro da Silva

Monique Di Domenico

Mírian da Silva Costa Pereira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7052222072>

CAPÍTULO 3..... 24

PODER CALORÍFICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA LIMONCOCHA EN LA AMAZONIA ECUATORIANA

Katty Verónica Coral Carrillo

Jorge Esteban Oviedo Costales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7052222073>

CAPÍTULO 4..... 37

MAGNETIC NANOPARTICLES ASSOCIATED WITH ORGANIC AND INORGANIC COAGULANTS IN THE TREATMENT OF GALVANIC EFFLUENT

Mariana Fernandes Alves


Edilaine Regina Pereira

Higor Aparecido Nunes de Oliveira

Dandley Vizibelli

Julio Cesar Angelo Borges

Marcelo Hidemassa Anami

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7052222074>

CAPÍTULO 5..... 45

POPULATION STRUCTURE AND ECOLOGY OF A HIGH ANDEAN FOREST: *POLYLEPIS RUGULOSA* (ROSACEAE) FROM PERU


Morales-Aranibar Luis


Rivera Campano Milko

Flores Roque Mario

Morales Aranibar Carlos

Costa Taborga Juan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7052222075>

CAPÍTULO 6	59
ESTUDO DO ESTRATO HERBÁCEO-SUBARBUSTIVO E BANCO DE PLÂNTULAS DE FRAGMENTO FLORESTAL, SOROCABA (SP), COMO SUBSÍDIO PARA PROJETO DE RESTAURAÇÃO	
Guilherme Mugnaini	
Jaqueline Zanardo	
V.P. Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7052222076	
SOBRE EL ORGANIZADOR	71
ÍNDICE REMISSIVO	72

ENVIRONMENTAL EDUCATION FOR DWELLING AS A SUSTAINABLE UNIT

Data de aceite: 04/07/2022

Alma Leticia Garcia Hernandez

Instituto Politécnico Nacional, CECyT Miguel
Bernard
Miguel Hidalgo. CDMX

JR. Mayorga Cervantes

Instituto Politécnico Nacional (IPN). ESIA
Unidad Tecamachalco
Naucalpan de Juárez, México

ABSTRACT: Climate change affects the availability of water in housing, this phenomenon is lived largely by environmental variations in the world, and in Mexico given its location in the tropic of cancer, it is exacerbated by contrasting variations that decrease or increase rainfall. There is a decrease in the average annual rainfall recorded of 742.2 mm in the period from 1941 to 2018 (CONAGUA, 2020), for 2019 it was reduced by 3.2%, 2.7% in 2020 however for 2021, it had an increase of 3.68%, however despite the increase, currently in 2022, urban social housing suffers from water scarcity, generated both by the lack of capacity of the infrastructure of the Cutzamala system as well as the increase in real estate developments. This shortage in housing in a governmental way has the emerging water supply program, however, given that this affects 4,568,635 of the homes in Mexico City (INEGI, 2020), it seeks to know how it is feasible to strengthen an environmental education that promotes the implementation of ecotechnics for the recycling of gray and rainwater, will improve

the efficiency of this resource and contribute to generating a sustainable culture. How it is possible for the inhabitants of urban social housing to be reconfigured from a **sustainable education as actors that promote the application of technologies that contribute to a conscious and optimal consumption of water?** To do this, we started from a quantitative cross-sectional observational exploratory diagnosis to a random sample of 113 people from ten municipalities that attend CECYT 2 in the CDMX, with a closed questionnaire of 20 items, from the use of water in the sample under study, from knowing their perception regarding the provision of water, if they carry out any type of rainwater collection as well as reuse of gray water derived from washing clothes, as well as their willingness to learn the use of ecotechnics. According to the exploratory study, which integrates housing of 10 municipalities of the metropolitan area of the Valley of Mexico (ZMVM), 75.2% consider having a relatively sufficient supply of water, 8.5% carry out water collection actions and 17.1% reuse the waste water from washing. Regarding their willingness to learn economic strategies on how to contribute to mitigating climate change with a rational and optimal consumption of water, 70.9% are willing to implement water recycling ecotechniques. The use of natural resources has been a daily occurrence in housing and often does not reflect on its efficiency, however, when raising the possibility of implementing environmental and sustainable education strategies, learning how to make better use of natural resources in housing, of which respondents express their availability and reflect on the impact of their own housing to

the common benefit in the environmental field, economic and social and contribute to climate change mitigation.

KEYWORDS: Dwelling; eco-techniques; water; climate change, education.

INTRODUCTION

The relationship between sustainable housing and environmental education, starts from the premise that every human being requires a space of life and coexistence that allows him to satisfy his security needs, as Maslow raised or existence as Alderfer establishes in his theory of human motivation . (Turienzo, 2016). On the other hand, article 25 of the Universal Declaration of Human Rights (UN, 1948) establishes the right to housing as one of the conditions for everyone to enjoy a standard of living adequate for health, well-being for himself and his family, as well as the Political Constitution of the United Mexican States, in its 4th article, states that “every family has the right to enjoy decent and decent housing and the right to domestic consumption of sufficient, safe, acceptable and affordable water and sanitation”. (Federal Government, 2021)

Taking into account the importance of housing for every human being, it is proposed through environmental education contextualized to habits in housing, to promote a sustainable culture that conceives the first habitat in which it interacts, from learning strategies that allow it to apply passive systems that optimize the use of natural resources such as water, energy and soil contribute to reducing their impact on the environment, promote significant savings in their consumption and generate sustainable habits in all members of the family, that is, the family is configured in a force that socializes its ideas and promotes the responsible use of land, air, energy and water resources. (García López, 2017)

THEORETICAL FRAMEWORK

Sustainable development, according to the Brundtland Report, implies being able to meet the needs of present generations, without compromising the needs of future generations. (UNESCO, 1987). It seeks from a global approach, to generate strategies to conserve life on the planet, however, in today’s societies that live various political, economic, and social crises, the global guidelines towards sustainable development have not had the expected impact.

Influencing the resolution of environmental problems through education is an approach that has been proposed since the conferences organized by UNESCO, from 1972 to 2015, in which various alternatives have been proposed to incorporate sustainable development in the educational training of the entire population (see illustration 1) as well as various experiences that have occurred in isolation at various educational levels around the world.

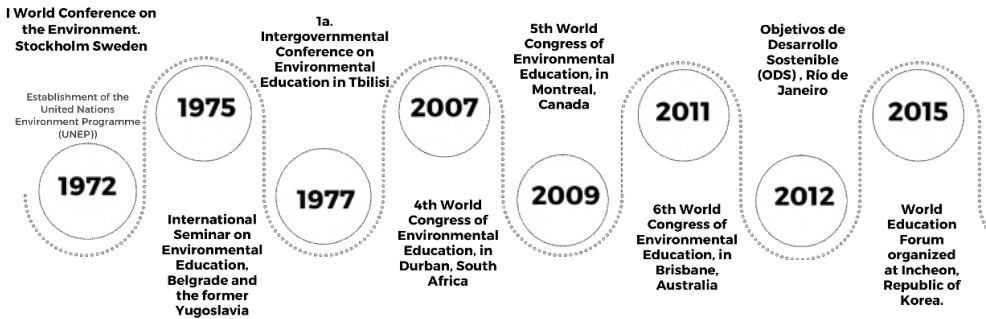


Figure 1. Evolution of Sustainable Education. Own elaboration with data obtained in UNESCO reports

Derived from the sustainable development goals at the 2015 World Education Forum, which states that Sustainable Development begins with education as the center of it and represents a recommended strategy towards the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) as a path to a dignified life for all. In a particular way towards reducing poverty, health and climate change, thus establishing that:

“Education increases environmental awareness and concern, and equips people with the skills and values to change behavior and find solutions to environmental challenges (SDG 12-15)” (UNESCO, 2015)

The challenges posed by education for sustainable development are based on its analysis in the economic, social, and environmental spheres, these are defined according to the 2030 Agenda for Sustainable Development of the United Nations that established 17 objectives that seek to guarantee a sustainable, peaceful, prosperous, and just life for all, now and in the future. They represent challenges to achieve the survival of humanity from environmental limits, climate change and the urgent protection of the environment, critical thresholds in the use of natural resources, the eradication of poverty and the promotion of economic development. (UNESCO, 2017)

For humanity to survive from environmental limits, they encompass the use of natural resources, eradicating poverty and promoting economic development among others. These are directly interrelated with addressing social needs such as education, health, social protection, job opportunities.

UNESCO establishes for the achievement of these objectives to promote, based on the commitment of education, the construction of strategies that provoke the subject to assume conscious decisions, generate habits to act responsibly in environmental, social and even economic fields, as well as to generate sustainable lifestyles, which start from respect for human rights, gender equality, culture of peace and non-violence, cultural diversity.

Specifically, in number 4 SDG, it is defined as providing quality education, focused on seven goals, limiting the characteristics of the expected results of each of them. See Table 1

Goal 4. Quality Education 2030	
Particular goals	Characteristics
4.1 Universal primary and secondary education	Free, equitable and quality, with relevant and effective school outcomes
4.2 Early childhood development and universal pre-school education	Access to early childhood care and development services. ("Early Childhood Care and Education - UNESCO") With quality, and prepared for primary education
4.3 Equal access to technical/ vocational and higher education	Equal and quality access for all men and women ("SDG4: Education Global Education Monitoring Report - UNESCO")
4.4 Skills suitable for decent work	Increase young people and adults with technical and professional skills necessary to access employment and entrepreneurship
4.5 Gender equality and inclusion	Guarantee equal access to education. (Vulnerable, disabled, indigenous) at all levels of vocational education and training
4.6 Universal youth literacy	"Ensure that all young people and at least a substantial proportion of adults, both men and women, have literacy and numeracy skills" ("SDG No. 4: Education")
4.7 Citizenship education for sustainable development	Ensure the necessary skills and practical knowledge to promote sustainable development, through education for sustainable development and the adoption of sustainable lifestyles , human rights, gender equality, the promotion of a culture of peace and non-violence, global citizenship and the appreciation of cultural diversity and the contribution of culture to sustainable development, among other means ("Institutional Strategic Plan 2019-2024 - UNESCO")

Table 1. Target 4 Quality Education 2030

Source. UNESCO, 2015. World Education Forum 2015, Paris: UNESCO.

Derived from these works, three ways of carrying out are proposed, and part of the effective learning environments, which establish as school facilities and environments that respond to the needs of students, inclusive by gender and capacity, as well as safe. It integrates the increase of scholarships available in more unprotected countries for professional, technical, scientific, engineering training, as well as in ICT. On the other hand, it focuses on strengthening teacher training based on international cooperation.

On the other hand, climate change according to article 1, section 2 of the report of the UNFCCC (UNESCO, 1992), establishes it as that which is generated directly or indirectly by the activity of the human being, which disturbs the composition of the atmosphere and contributes to the natural variation of the climate. These elements that interact in climate change that are observed in Table 2 and that are integrated into the scope of housing and its surroundings.

Nomenclature	Concept	Integrates
SC	Climate System	Atmosphere, hydrosphere, biosphere geosphere and interactions.
E	Emissions	GHG release /set period
GEI	Greenhouse gases	Natural and anthropogenic components that absorb and re-emit infrared radiation
D	Deposit	Component of the SC that stores GHGs or some precursor
S	Sink	Process, activity, or mechanism that absorbs GHG from the atmosphere
F	Fuente	Process, activity, or mechanism that releases GHG into the atmosphere

Table 2. Elements that interact in climate change.

Source Framework Convention on Climate Change UNESCO, 1992.

Thus, climate change caused by the increase in CO₂ emissions, product of the indiscriminate use of fossil fuels, as well as the uncontrolled felling of trees, increases global temperature, sea level and melting in the Arctic, causes droughts and floods, sea level rise, as well as intense meteorological phenomena such as storms and hurricanes. These disturbances **affect rainfall, decreasing the levels in the dams that provide water to cities, affecting the endowment of this resource.**

Climate change continues to increase and it is necessary to reflect that in Mexico in housing are generated in the residential area 21,460 tons of CO₂ considered 0.19 per inhabitant, that is, 4.3% of total emissions (Cruz Islas, 2016) that are emitted 439 MTCO₂ (*Metric tons of carbon dioxide*), with a population of 126'014, 024 inhabitants, which live in 35,219,141 housing, and in the CDMX with 16'492,318 inhabitants and 4'568,635 dwellings, with a density of 3.3 inhabitants per dwelling. (INEGI, 2020)

The average annual natural availability index in Mexico in 1955 was 11,500 m³ 7 inhabitant, decreasing for 2016 to 451.6 km³, which is made up of 80% of surface runoff and 20% of aquifer recharge, this represents in a particular way for the ZMVM in 2017 an average natural availability of 3,427 liters, with 144 m³ per inhabitant per year, being the lowest in the country. (SEMARNAT, 2021)

Sustainable Architecture states that a sustainable home must include aspects of bioclimatic design and energy efficiency, as well as the reduction of the carbon footprint in its life cycle, (SEMARNAT, 2009), and focus to a greater extent on financial elements of buildings. Housing is conceived as the space that people and families inhabit, either in the countryside or in the city used to inhabit (Government of Mexico, 2019) and a habitable dwelling such as one that guarantees the physical safety of its inhabitants and provides them with sufficient space, as well as protection against the cold, humidity, heat, rain, wind and other health risks and structural hazards, however in this same document the term sustainable housing is only mentioned once.

According to the projections of the National Council for Housing, (CONAVI) in 2008, establishes that by 2030 there will be 45 million households and the Housing Law indicates that the actions must constitute a “factor of environmental sustainability, territorial planning and urban development” (SEMARNAT, 2009)

The concept of healthy housing was coined in 2006 by the World Health Organization (WHO) and defines it as the functional provision for an adequate physical, social and mental development, which promote in its inhabitants the conditions of health, safety, hygiene, comfort and privacy, under the environmental, sustainable and resilient approach. It includes secure tenure and location, adequate structure, sufficient spaces, necessary basic services, safe household goods and consumer goods with an adequate environment. It is considered as the physical refuge where an individual resides, called a home and that establishes family or friendship relationships with a group of individuals who cohabit, and who are part of a community with their neighbors in a geographical space.

According to the last national census, the population in Mexico is 126'014,024 million inhabitants, but in what way, does housing provide the conditions of dignified habitability for as a habitable, sustainable and resilient architectural space, which promotes a sustainable education that contributes to mitigate climate change, as well as contribute to sustainable development?

Starting from the fact that housing is a systemic process between the interaction of the physical envelope and the activity, they form a process of adaptation and achieve the well-being of the inhabitant, generating flows of energy and matter in the biological, sociocultural, and economic fields. (Cervantes Borja & Maya Pérez, 2017, p. 92). And in a particular way in the field of life of the human being in the house, water is a vital resource that allows to maintain the health and hygiene of its inhabitants, from the drinking water that is defined as one that does not generate any significant health risk and is suitable for all domestic use, from hygiene to cleaning (WHO, 2006). This coverage in Mexico establishes for urban areas 96% and for rural areas 85%, however, 1.6 million people do not have drinking water in urban areas and 7.2 million in rural areas. (Breña Puyol & Breña Naranjo, 2020). In addition to the above, the average natural availability per inhabitant in a year is made up of rainfall, evaporation and population density.

According to the population growth in Mexico, there has been a 70% decrease in the availability of water resources accessible to the population from 1955 to 2020 as shown in Table 3.

Year	Inhabitants	M3/ Inhabitants	% Availability
1955	32 350 592	11500 m3	100%
2004	104 500 000	4094 m3	64%
2020	126 014 024	3500 m3	70%

Table 3. Historical availability of water resources.

Source. INEGI, CONAPO and Breña Puyol, A.F. & Breña Naranjo, J.A., 2020. Availability of water in the future of Mexico. science. Mexican Academy of Sciences, 58-3. (https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_3/PDF/09-550.pdf).

Based on these variables in Mexico in 2020, 3500 cubic meters per inhabitant were counted (Ministry of the Environment, 2021), placing it in a country with low availability as shown in Table 4.

Average natural availability per inhabitant in a year	m3/ inhabitant/año	Classificatio
	Minor to 1000	Extreme scarcity
	Between 1000 y 1700	Critical shortage
	Between 1700 a 5000	Low
	Between 5,000 y 10,000	Medium
	More to 10,000	High

Table 4. Availability of water per inhabitant

Source. Breña Puyol A.F. & Breña Naranjo, J.A., 2020. Availability of water in the future of Mexico. science. Mexican Academy of Sciences, 58-3. (https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_3/PDF/09-550.pdf)

As for the regional distribution of water, in Mexico it is divided into 13 zones, for this case, the basin of the Metropolitan Area of Mexico City is retaken, which is located as number XIII called Aguas del Valle de México and Sistema Cutzamala, which serves 121 municipalities and mayors. Currently, the National Water Commission (CONAGUA) reported that, from October 1, 2020 to May 23, 2021, it has decreased by 7.5% compared to previous years. (Secretary of the Environment, 2021) This has led to a decrease in the levels of the dams and the decrease in the endowment of this vital resource, as can be seen in figure 1, the relationship of the population density with renewable water / m3 / inhabitant / year is 144, which implies being the lowest of all areas of the country and with a population density of 1301 inhabitants per Km².

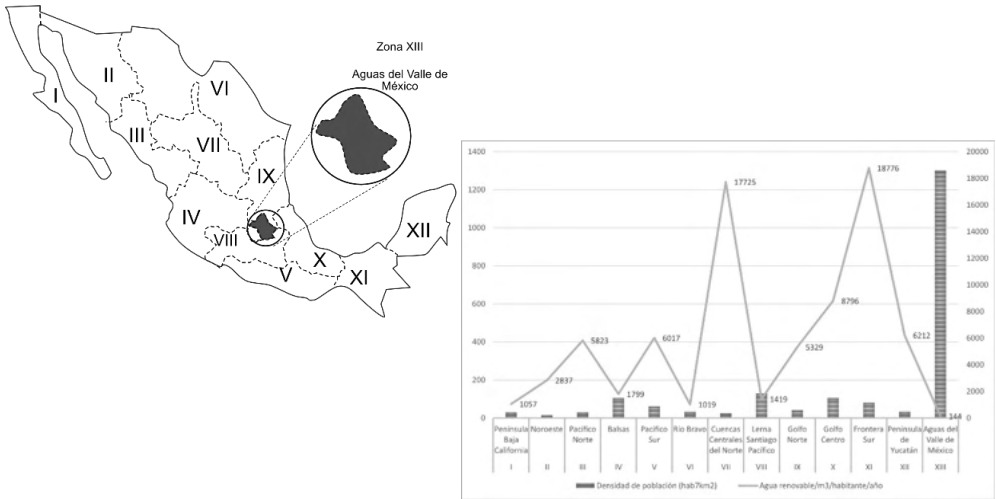


Fig.1 Water distribution regions in Mexico.

Source CONAGUA 2021

When analyzing the importance of optimal water use, sanitation is analyzed, which is defined as the separation of wastewater, however, these are discarded to the drainage without being reused, registering that this wastewater in 2000 generated an expense of 252 m² / second. (Breña Puyol & Breña Naranjo, 2020). So, in the buildings continues to eliminate black water and gray water. The first are discarded from the toilets and the second from washing machines, sinks, and showers.

The WHO indicates that the recommended water consumption per person is 50 L per day, however, when analyzing the impact of water on housing, an inhabitant in Mexico uses 262 L per day, with a cost of \$ 1.20 Mexican pesos as of April 30, 2021, which represents an expense of \$ 315.00 pesos per day and if it is considered that the population of the metropolitan area of the CDMX is 21'804, 515 inhabitants (INEGI, 2020). This means a real consumption of 5,712 million liters per day of a scarce and finite resource.

Countries of the European Union such as Germany, work to reduce water consumption, as shown in figure 2, registering 125 L per day, with an average in Europe of 135.6 L, (European Environment Agency, 2018) together have bet on wastewater treatment, environmental legislation, but, even so, they also face challenges in this area, due to climate change and the increase in population, however it is worth recognizing the awareness towards its population for reducing water consumption with actions such as the International Decade for Action “Water source of life for the decade 2005-2015” of which the project “Eine Welt Netz NRW” stands out, which from educational materials seeks that students learn the global use of water with options for its protection as well as the Italian wastewater project “Acqua Spreco Zero” that through didactic panels, show students the best practices. (UN, 2015)

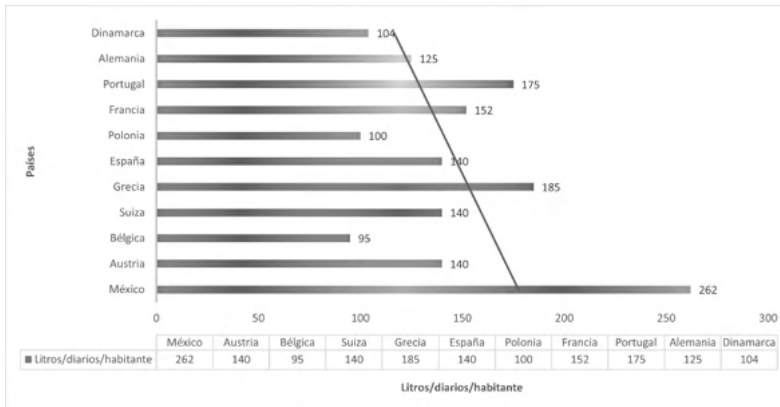


Fig. 2. Europe-Mexico water consumption. fountain. European Environment Agency, 2018. Water consumption in Europe: major quantitative and qualitative problems. <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2018-el-agua-es-vida/articulos/consumo-de-agua-en-europa>.

It is important to mention that environmental education, is a significant antecedent of citizenship education for sustainable development, has already proposed pedagogical strategies that seek to raise awareness about the responsibility of human beings with the planet, promoting the formation of critical and participatory actors, so it covers the environmental and social in contributing to short-term solutions, medium and long term, so these actions promote the adoption of sustainable lifestyles. (Sanchez, 1979)(Calixto Flores, 2012)(De la Pena & Vinces, 2020)

With the focus of the UNESCO proposal, it is now necessary to propose didactic alternatives to problematize human beings in recognizing the importance of the proposals of Education for Sustainable Development from the environmental, social and economic field, analyzing attitudes, values and beliefs of the family, its relationship with nature and technology as a response to its commitment to configure its housing as a sustainable unit.

This leads to raise the importance of raising awareness among users to carry out the treatment of rainwater for housing use (rain harvest) as well as the reuse of soapy gray water, derived from the washing machine from passive ecotechnics.

Ecotechnics arise with the need to provide solutions to make the use of natural resources more efficient and are defined as “devices, methods and processes that promote a harmonious relationship with the environment and seek to provide tangible social and economic benefits to their users, with reference to a specific socio-ecological context” (Ortiz-Moreno, et al., 2014, p. 16)

Ecotechnics are classified according to the physical and environmental elements they serve and can be from the atmosphere, water, land, and energies. These can be passive as systems that capture energy, store, distribute without the mediation of electromechanical elements, according to the materials and natural phenomena used (Mayorga Cervantes, 2017). As well as active ecotechnics in which the system that captures or distributes energy

from electromechanical elements.

Eco-technologies that focus on the recycling of water, from gray, sea, domestic, black, rainwater and drinking water.

Therefore, the process to incorporate ecotechnics is necessary to establish in the educational approach from the environmental problem to be solved from the causes and consequences, the management capacity of the users to modify these problems to influence their environment, as well as the strategies and didactic resources to motivate these changes.

METHODS AND MATERIALS

Within the framework of this research, in a particular way, it was sought to address how it is possible to promote sustainable education by non-formal means in relation to the closest context of individuals that is the relationship of their housing and their actions that account for their environmental education, with the recycling of water and its commitment to generate these changes

Based on an action research methodology, it seeks to promote the participation of housing users, considering the participation of this community, self-evaluate housing from the environmental, social and economic sphere; So, the following research question arises: How do the inhabitants of Mexico City use natural resources in the field of their housing

And the hypothesis is built that, by strengthening a sustainable education in the inhabitants of single-family homes in the CDMX, who implement and appropriate ecotechniques for the recycling of gray and rainwater, it will contribute to the efficiency of this resource, generate a sustainable culture that contributes to mitigate climate change.

With the independent variables of strengthening sustainable education and the dependent variables, implementing ecotechnics for the recycling of water and improving the efficiency of this resource in the environmental and economic field, as well as generating a sustainable culture, the objective is established to recognize from the approach of the users, the needs of the existing homes in the metropolitan area of Mexico City in terms of the use of water in their home, its contribution to sustainable development and climate change mitigation. Therefore, a quantitative cross-sectional observational exploratory diagnosis was made to a random sample of 113 people from ten mayor's offices who attend the baccaulaureate at the Center for Scientific and Technological Studies No.2 Miguel Bernard in the CDMX, with a closed questionnaire of 20 items, made up of demographic data, water consumption, energy, waste, comfort, resilience and work at home <https://forms.gle/Laq56VXBPavKg5Ux7>

This scope addressed some basic elements regarding the use of natural resources, fuels and wastes. In this work, the results are analyzed in relation to their perception regarding the use of water and its recycling as well as its commitment to contribute to the

mitigation of climate change as part of a sustainable society.

RESULTS

According to the study, it is detected that families are integrated in 73.5% of 4 to 6 members, with 63.2% living in an independent house and 23.1% in apartments.

The sample that attends the CECyT 2 Miguel Bernard, are distributed in 12 municipalities of the CDMX, 16 municipalities of the State of Mexico and in 1 municipality of the State of Hidalgo in the Mexican Republic, as shown in figure 3.

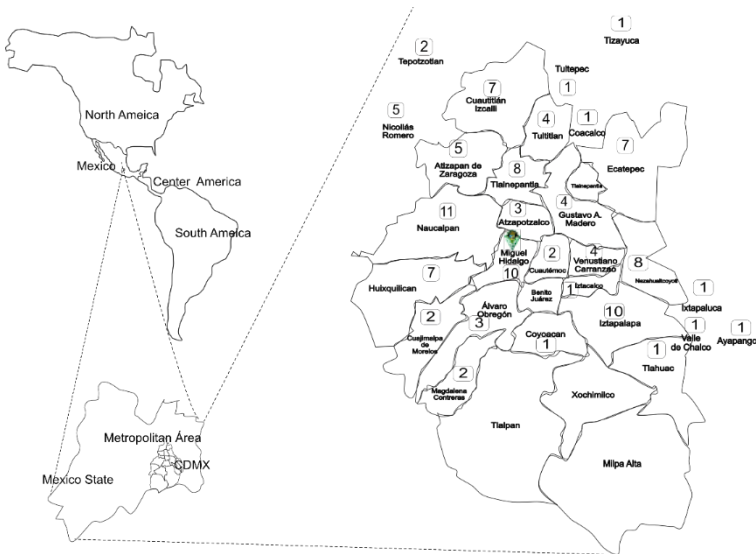


Fig.3 Location of Mayoralties and Municipalities in metropolitan area CDMX. Own elaboration.

The frequency of subjects in each of the municipalities varies from 1 to 11, considering that very distant municipalities such as Iztapalapa, 10 people come from the sample and even one moves from the municipality of Tizayuca in the State of Hidalgo as shown in figure 4.

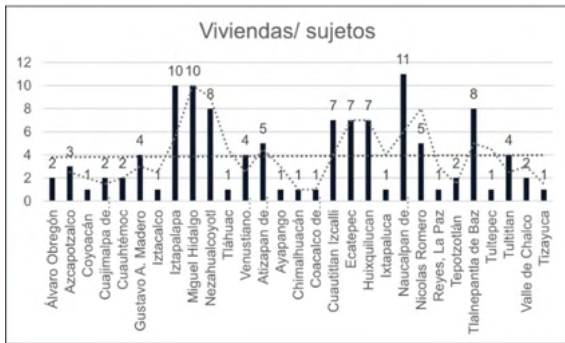


Fig. 4 Distribution of dwellings/inhabitants by mayor's office and municipality. fountain. Own elaboration.

In relation to the actions carried out in homes, it is established that 75% if they have drinking water, and although 91.5% establish that they do not carry out water collection actions, and only 8.5% indicate to carry them out, however they consist of placing tambos or buckets in rainy seasons. As for the recycling of gray water, mainly derived from washing machines, 82.5% indicate not to carry them out and 17.5% that yes, for immediate use in cleaning toilets and bathrooms.

Despite the fact that the metropolitan area of Mexico City has an average solar radiation of 5.3 Kw/h/m2 on an annual average according to the measurement data of the Tacubaya Station in Mexico city, only 7.7% use solar water heaters compared to 70.1, which it uses as a tank. (Smartbitt, 2017)

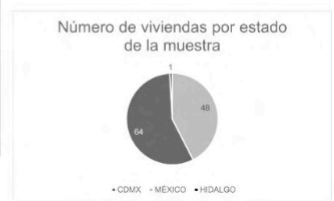
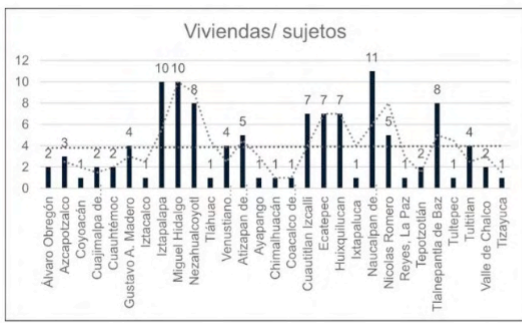


Fig. 5 Distribution of dwellings/inhabitants by mayor's office and municipalit . fountain. Own elaboration.

In relation to learning actions and strategies within the framework of environmental

and sustainable education that allow them to implement technology in their homes from passive eco-techniques that promote transforming their homes and modifying their habits under this approach, as can be seen in Table 5, which 70.9% are interested in making changes in actions and habits in their home, to contribute to a sustainable society and the mitigation of climate change and 76.1% interested in learning how you can implement actions and devices that improve your home in terms of the use of natural resources and the comfort of its inhabitants.

Therefore, it is proposed to promote environmental and sustainable education of a non-formal type based on metacognitive strategies to recognize their assets and skills and integrate with the participation of users, ecotechnics such as micro changes of water recycling to transform their housing into sustainable units, which improve the quality of life in existing homes, fostering synergy towards communities and regions.

Learning and change actions based on educational strategies	Yes	Maybe	NO
I. Interested in making changes in actions and habits in your home, you would contribute to a sustainable society and the mitigation of climate change	70.9%	27.4%	
II. Interested in learning how you can implement actions and devices that improve your home in terms of the use of natural resources and the comfort of its inhabitants	76.1%		23.9%

Table 5. Result Educational strategies to implement ecotechnics of water collection and treatment in homes exploratory study (23/03/21). fountain. Own elaboration.

CONCLUSIONS

The problem in the use of natural resources, particularly water, has been addressed for more than 20 years, from the focus on public policies to proposals for sustainable housing in the metropolitan area of the CDMX, however, although these contributions are very valuable, to date this culture of water care is not observed in the population, even if they have been equipped with eco-techniques and mechanisms, users are unaware of their operation and maintenance so they return to the old practices.

In sustainable housing, the habitable and the inhabitable interrelate and is affected by the repercussions of climate change on urban functioning, so it seeks to promote the participation of users in optimizing through passive ecotechnics, these spaces, according to their expectations and promote democratic construction processes such as self-production and self-consumption to ensure that housing, are configured as sustainable units.

Derived from the study, it is observed that existing homes, that more than 90% do not have the minimum infrastructure of passive ecotechnics to carry out the treatment of rainwater for housing use (rain harvest) as well as the reuse of soapy gray water. And it is rescued according to the study that there is the interest of young people to contribute and make this type of technological devices in their homes.

This work represents a starting point to design transdisciplinary metacognitive strategies of non-formal education for the whole community, from generating micro changes of existing housing, promoting the participation of its users from the particular, in order to generate a synergy towards the communities and regions, mediated from monitored web applications by professionals dedicated to habitat transformation, which allows the user to recognize their assets and skills and are configured as actors in the transformation of their home as a sustainable unit that impacts their community and region.

REFERENCES

European Environment Agency, 2018. Water consumption in Europe: major problems of a quantitative and qualitative nature. Signs 2018. Water is life, pp. <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2018-el-agua-es-vida/articulos/consumo-de-agua-en-europa>.

Anon., 2020. The teaching of Architecture as a result of a distorted triad. VLC architecture. Research Journal, 7(2), pp. 125-155.

Arias Ortega, M. Á. & Rosales Romero, S., 2019. Environmental education and climate change communication. A perspective from the analysis of discourse. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 24(80), pp. 247-269.

Breña Puyol, A. F. & Breña Naranjo, J. A., 2020. Availability of water in the future of Mexico. Science. Mexican Academy of Sciences, 58-3 (https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_3/PDF/09-550.pdf).

Cervantes Borja, J. F. & Maya Pérez, E., 2017. Zero habitability: A good practice forgotten in the industrial production of social housing in Mexico. In: JSTOR, ed. Producción De Vivienda y Desarrollo Urbano Sustentable., Argentina: CLACSO., p. 87–102.

CONAPO, 2012. National Water Information System. [Online] Available at: <http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Proyecciones> [Last accessed: 05 03 2021].

Cruz Islas, I., 2016. CO2 emissions in urban households. The case of the Federal District. Demographic and urban studies, 3(1), pp. 115-142.

Foundation BNP Paribas, 2020. Global Carbon Atlas. [Online] Available at: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions> [Last accessed: 12 04 2021].

Gelardi, . D. & Esteves, A., 2004. The environmental dimension of architecture as the organizing axis of the design procedure for sustainable architecture. Advances in Renewable Energies and environment (AVERMA) V8, pp. 133-137.

Government of Mexico, 2019. National Housing Program 2019-2024, Mexico: Federal Government.

Federal Government, 2021. Political Constitution of the United Mexican States. Official Journal of the Federation.

INEGI, 2020. INEGI. [Online] Available at: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>

Mayorga Cervantes, J. R. 2017. Sustainable Buildings. 1st ed. Mexico: Navarra.

OMS, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Organization of American States, General Secretariat., Geneve: Organización Mundial de la Salud.

UN, 1948. Universal Declaration of Human Rights, Paris: United Nations General Assembly, 10.

UN, 2015. Water Decade. [Online] Available at: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/who_has_joined_the_decade_europe.shtml [Last accessed: 12 03 2021].

Ortiz-Moreno, J. A., Masera-Cerutti, O. R. & Fuentes-Gutiérrez, A. F., 2014. Ecotechnology in Mexico., Morelia (Mexico), : UNAM-CIECO.

Secretary of the Environment, 2021. Conagua. [Online] Available at: <https://www.adn40.mx/mexico/cutzamala-sigue-a-la-baja-pese-a-lluvias-lhp> [Last accessed: 26 05 2021].

SEMARNAT, 2009. Sustainable Housing in Mexico, Mexico: Federal Government.

Smartbitt, 2017. Solar radiation. [Online] Available at: <http://energiasolar.smartbitt.com/radiacion-solar/>
[Last accessed: 20 05 2021].

Turienzo, R., 2016. The little book of motivation. Barcelona: Encourage.

UNDP, 2017. Application of the Sustainable Livelihoods Framework in Development Projects. s.l.:United Nations Development Programme.

UNESCO, 1987. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development (Brundtland Report), London: UNESCO.

UNESCO, 1992. Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), New York: UNESCO.

UNESCO, 2017. The 2030 Agenda for Sustainable Development, Paris: UNESCO.

CAPÍTULO 2

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO: PROBLEMATIZAÇÃO DO TEMA SANEAMENTO BÁSICO

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 07/06/2022

Mariana Stéfani Barbosa

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí /
Instituto de Ciências Agrárias
Unaí – MG, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0331817010760544>

Lorrány Ribeiro da Silva

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí /
Instituto de Ciências Agrárias
Unaí – MG, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1353366859753808>

Monique Di Domenico

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí /
Instituto de Ciências Agrárias
Unaí – MG, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7922785263983896>

Mirian da Silva Costa Pereira

Instituição: Universidade Federal dos Vales
do Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí /
Instituto de Ciências Agrárias
Unaí – MG, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1328127213991175>

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo apresentar um conjunto de atividades e reflexões sobre 'educação ambiental e saneamento básico' desenvolvido com estudantes do ensino médio de uma escola pública localizada na zona

rural do município de Unaí/MG. As percepções dos estudantes foram analisadas através de questões relacionadas ao tema e a realização de uma dinâmica em grupo. Para a coleta de dados utilizou-se um formulário aplicado aos alunos do ensino médio contendo dados de identificação do participante e questões específicas sobre o assunto. Em seguida, trabalhou-se a dinâmica em grupo intitulada 'Desmistificando o saneamento básico'. Ao final das atividades propostas pôde-se perceber que houve um despertar de interesse dos alunos pelo conteúdo, além de gerar reflexões sobre direitos e deveres, importância ambiental, social, econômica e de saúde pública ligada à temática apresentada.

PALAVRAS-CHAVE: Educação básica; Qualidade de vida; Água.

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN HIGH SCHOOL: PROBLEMATIZATION OF THE BASIC SANITATION THEME

ABSTRACT: The present work aims to present a set of activities and reflections about 'environmental education and basic sanitation' developed with high school students from a public school located in the rural area of the Unaí/MG city. The students' perceptions were analyzed through questions related to the theme and the realization of a group dynamic. For data collection, a form was applied to high school students, containing participant identification data and specific questions about the subject. Then, was worked the group dynamics entitled 'Demystifying the basic sanitation'. At the end of the proposed activities, it was possible to notice

that there was an arouse of students' interest by the content, in addition to generating reflections about rights and duties, environmental, social, economic and public health importance linked to the presented theme.

KEYWORDS: Basic education; Quality of life; Water.

INTRODUÇÃO

Na perspectiva da Organização Mundial de Saúde/OMS, “saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social”. Assim, a conscientização da população e sobre questões relacionadas à falta de instalações de saneamento básico são essenciais para proteger o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida das pessoas. Entende-se que, por meio da escola, o aluno pode desenvolver essa sensibilização e ser um formador ambiental no meio em que vive.

Ademais, o saneamento básico compreende as operações de abastecimento de água potável, limpeza urbana e coleta de lixo, tratamento de esgoto sanitário e drenagem urbana. Sem uma população consciente da necessidade de preservação das nossas reservas de água e da destinação adequada ao lixo que geramos, não será possível melhorar as condições ambientais do entorno. A formação de cidadãos cientes de sua responsabilidade com o meio ambiente é imprescindível e deve se constituir em uma das prioridades dos centros de ensino do país.

O conceito de Promoção de Saúde proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS) desde a Conferência de Ottawa, em 1986, é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. Assim sendo, parte-se do pressuposto que um fator determinante da boa saúde da população são as condições ambientais adequadas (BRASIL, 2006).

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão intrinsecamente relacionados com o meio ambiente. Um exemplo é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças que mais aflige a humanidade, causando 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento. Logo, investir em saneamento é uma das formas de se reverter o quadro existente (RIBEIRO, 2010, p. 2 apud GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

Desta forma, a problematização da realidade, valores, atitudes e comportamentos por meio de práticas dialógicas no ambiente escolar, a implantação de práticas educativas inovadoras, pode contribuir e ser eficaz na conscientização sobre a importância que o saneamento básico e a educação ambiental desempenham na qualidade de vida das pessoas.

Portanto, com base nessas considerações, o objetivo deste trabalho foi desenvolver

atividades com alunos do ensino médio da Escola Estadual Juvêncio Martins Ferreira sobre a temática proposta, despertando a discussão em sala de aula e ampliando a visão dos alunos sobre o assunto.

METODOLOGIA

A presente pesquisa desenvolveu-se a partir da visita à Escola Estadual Juvêncio Martins Ferreira em turmas do 1º, 2º e 3º anos do ensino médio, totalizando 102 alunos, estando presentes 39, 39, e 24 alunos respectivamente em cada ano. Foram trabalhadas com 6 (seis) turmas, sendo duas turmas de cada ano. Primeiramente utilizou-se um formulário aplicado aos alunos contendo, inicialmente, dados de identificação do participante e, na sequência, 11 (onze) questões específicas sobre saneamento básico e educação ambiental. Posteriormente, foi trabalhada a dinâmica intitulada ‘Desmistificand o saneamento básico’, adaptada de Andrade e Obara (2021). Esta dinâmica era composta por 12 (doze) perguntas objetivas sobre atividades, economia e leis que envolvem a temática. A atividade total durou 100 minutos para as turmas do 1º ano (onde foram usados 2 vídeos para auxiliar nas explicações) e 50 minutos para cada turma do 2º e 3º anos.

Para o desenvolvimento da dinâmica os alunos de cada turma foram divididos em 3 (três) grupos e cada grupo recebeu uma tabela com duas opções de respostas: ‘concordo’ e ‘discordo’. Na sequência, a instrutora da dinâmica lia uma pergunta por vez e assim sucessivamente, até completarem as 12 (doze) perguntas do questionário referente à educação ambiental e saneamento básico. Os grupos tinham aproximadamente um minuto para chegarem ao consenso e marcarem a alternativa escolhida em sua cartela. Ao final a instrutora recolhia as cartelas dos grupos e fazia a correção para verificar qual grupo apresentou maior índice de acertos. O grupo vencedor era aquele que fizesse mais pontos na dinâmica ‘Desmistificando o saneamento básico’. No caso de empate era feita a pergunta “Qual a abreviação para Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto?” e, o grupo que respondesse primeiro, era o vencedor. Ao final da dinâmica, todas as questões foram debatidas em sala de aula, promovendo a participação dos alunos e sanando as dúvidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O propósito do questionário inicial foi coletar dados sobre a realidade de cada aluno referente ao tema abordado. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para o questionário inicial que foi aplicado aos 102 alunos participantes. As duas primeiras questões foram omitidas na Tabela 1 porque se referiam ao nome da escola e ao ano do ensino médio que o aluno está cursando.

O saneamento básico é um direito fundamental constituído em lei, e analisando a 8ª questão dos dados coletados na Tabela 1, percebe-se que 56% dos alunos residem em

locais onde o esgoto é encanado para a estação de tratamento de esgoto. Entretanto, é possível perceber que na residência de 28% dos estudantes o esgoto corre a céu aberto ou é jogado em fossa normal, conhecida como fossa negra, sem nenhum tipo de tratamento. De acordo com dados do Instituto Trata Brasil (2020), aproximadamente 100 milhões (45%) da população brasileira não tem acesso a coleta de esgoto, onde a região sudeste se destaca por ser a que mais fornece rede de esgoto (80%).

Outra questão da Tabela 1 que merece destaque é a 11ª, a qual relaciona o saneamento básico com a saúde da população. Cerca de 20% dos estudantes responderam que algum familiar já apresentou doenças ou problemas de saúde que estejam relacionados com a água, o lixo, o esgoto ou com as chuvas. Tal fato é corroborado com dados do Instituto Trata Brasil, que em 2020 foram registradas mais de 167 mil internações por doença de veiculação hídrica.

Ainda verificando a Tabela 1, de acordo com a 4ª questão observou-se que 56% dos alunos alegaram saber pouco sobre as atividades que envolvem o tema. Este dado justifica as respostas obtidas para a 5ª questão, onde 6,5% dos alunos afirmaram que o saneamento básico nunca ou raramente afeta na qualidade de vida das pessoas. Alguns alunos não compreenderam que o saneamento exerce extrema importância na saúde e qualidade de vida dos indivíduos, onde inúmeros vetores são evitados com a gestão do saneamento básico.

Desta forma, o desconhecimento atua juntamente com a não contribuição da população com o poder público, uma vez que o lixo de 78% das residências é coletado, conforme as respostas para a 9ª questão da Tabela 1. Entretanto, em 33% das casas dos alunos não é feita a separação do lixo orgânico, de acordo com o observado na 13ª questão.

Novamente analisando os dados Tabela 1, observa-se na 12ª questão que 2% dos estudantes não compreendem a importância do conhecimento em química para o tratamento de água e esgoto. Segundo Momesso (2021), “No tratamento de água, existem processos como coagulação, decantação, flotação, filtração direta, indireta, ou membranas de ultrafiltração. As análises mais frequentemente realizadas para controle de processos são, em geral, pH, cor, turbidez, flúor e cloro residual livre”. Ou seja, o conhecimento químico está diretamente relacionado saneamento e tratamento de água e esgoto.

Com relação à dinâmica ‘Desmistificando o saneamento básico’ observou-se que os alunos discutiram as questões em grupo e tentavam compreender o assunto, gerando grande participação dos estudantes e competitividade entre os grupos. As 12 (doze) questões objetivas variaram desde abordagens relacionadas às atividades que envolvem a educação ambiental e o saneamento básico, até conhecimentos gerais sobre economia e leis focadas no tema.

Cinco questões da dinâmica referindo-se à lei, condições básicas de saneamento, questões econômicas, saúde e manejo de resíduos sólidos foram bem analisadas pelos

grupos e obtiveram 100% de acerto. Entretanto, em 3 (três) questões relacionadas às condições ideais de saneamento, responsabilidade no oferecimento do saneamento básico e os serviços cobrados na conta de água, houve cerca de 67% de erro por parte dos grupos participantes da dinâmica 'Desmistificando o saneamento básico'

Perguntas	Alternativas	1º Ano	2º Ano	3º Ano	Média
3 - Qual a sua idade?	14 anos	8%	0%	0%	3%
	15 anos	77%	8%	0%	28%
	16 anos	13%	85%	17%	38%
	17 anos	2%	7%	71%	27%
	18 anos ou mais	0%	0%	12%	4%
4 - Você sabe o que é saneamento básico e quais atividades envolve?	Sim, muito	2%	13%	4%	6%
	Sim, mas pouco	57%	49%	63%	56%
	Neutro	18%	28%	25%	24%
	Razoavelmente	15%	2%	4%	7%
	Não	8%	8%	4%	7%
5- Você acha que o saneamento básico afeta na qualidade de vida das pessoas?	Sim, sempre	49%	70%	42%	54%
	Sim, quase sempre	13%	10%	33%	19%
	Às vezes	15%	13%	17%	15%
	Raramente	5%	5%	8%	6%
	Nunca	18%	2%	0%	7%
6 - Qual o seu interesse sobre o tema 'Educação Ambiental e Saneamento Básico'?	Muito interesse	23%	23%	46%	31%
	Médio interesse	65%	46%	42%	51%
	Pouco interesse	0%	23%	12%	12%
	Indiferente	2%	8%	0%	3%
	Não acho interessante	10%	0%	0%	3%
7 - Vocês costumam ter problemas com a qualidade de água utilizada em casa?	Sim, sempre	2%	0%	12%	5%
	Sim, quase sempre	5%	5%	12%	7%
	Às vezes	13%	21%	17%	17%
	Raramente	47%	38%	38%	41%
	Nunca	34%	36%	21%	30%
8 - Para onde vai o esgoto da sua casa?	Encanado para o rio	2%	2%	0%	1%
	Fossa séptica (de tratamento)	8%	15%	0%	8%
	Encanado para a estação de tratamento de esgoto	56%	54%	58%	56%
	Corre a céu aberto	0%	2%	21%	8%
	Fossa negra (fossa normal)	33%	26%	0%	20%

9 - O que é feito com o lixo produzido em sua casa?	Coletado	79%	77%	79%	78%
	Queimado	15%	21%	17%	18%
	Enterrado	2%	0%	0%	1%
	Jogado a céu aberto	0%	2%	0%	1%
	Outros	2%	0%	4%	2%
10 - Quando chove sua rua fica alagada?	Sim	5%	10%	8%	8%
	Não	95%	90%	92%	92%
11 - Alguém na sua casa família já apresentou alguma doença ou algum problema de saúde que esteja relacionado com a água, lixo, esgoto ou com as chuvas?	Sim	13%	26%	21%	20%
	Não	87%	74%	79%	80%
12 - Você acha que o conhecimento em química é importante para o tratamento de água e esgoto?	Muito importante	46%	44%	46%	45%
	Importante	44%	48%	46%	46%
	Moderado	5%	8%	4%	6%
	Às vezes importante	3%	0%	4%	2%
	Não é importante	0%	0%	0%	0%
13 - Na sua casa é feita a separação do lixo orgânico?	Sim, sempre	15%	13%	12%	13%
	Sim, quase sempre	21%	10%	12%	14%
	Às vezes	13%	15%	26%	18%
	Raramente	18%	33%	12%	21%
	Nunca	33%	29%	38%	33%
14 - Você tem acesso à internet?	Sim, sempre	87%	77%	71%	78%
	Sim, quase sempre	11%	18%	17%	15%
	Às vezes	2%	5%	12%	6%
	Raramente	0%	0%	0%	0%
	Nunca	0%	0%	0%	0%

Tabela 1. Questionário Introdutório sobre Educação Ambiental e Saneamento Básico.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

Por fim, ao analisar 4 (quatro) questões envolvendo a atribuição da responsabilidade sobre o saneamento, a precariedade dos serviços de saneamento básico, os investimentos em saneamento e doenças provenientes da falta de saneamento de qualidade, pôde-se perceber cerca de 88% no índice de acertos. Dessa forma, no mencionado jogo, pôde-se perceber interação dos alunos de acordo com o ponto de vista e a realidade de cada um. De acordo com Silva e Nagashima (2014), os jogos são metodologia alternativa que permite ao docente organizar, planejar, inovar e diversificar sua prática pedagógica, oportunizando vários momentos de debates e contribuindo assim, para a melhoria no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, percebeu-se que o objetivo da dinâmica foi alcançado, onde os alunos buscaram sanar suas dúvidas, além de despertar o interesse pelo tema e promover

reflexões sobre direitos e deveres no que diz respeito ao saneamento básico. Também foi possível debater sobre questões ambientais, sociais, econômicas e de saúde pública ligadas ao saneamento básico.

CONCLUSÕES

Através do estudo pôde-se confirmar que a conexão entre educação ambiental e saneamento básico é fundamental como estratégia nas abordagens/desenvolvimentos das questões de saúde pública e ambiente, uma vez que os cidadãos, habilitados a entender seus direitos e deveres, trabalham em conjunto com o poder público. Desta forma, observou-se que o jogo desenvolvido, intitulado ‘Desmistificando o saneamento’, contribuiu positivamente para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem dos alunos, ao trabalhar a introdução de temas relacionados à educação ambiental e ao saneamento. A utilização de jogos didáticos, de acordo com Kishimoto (2011), nos remete a situações de ensino e aprendizagem em que o aluno aprende de maneira prazerosa e participativa.

AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEXC) da UFVJM pela concessão de bolsa através do Programa Institucional de Bolsas de Extensão (PIBEX), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa concedida através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/FAPEMIG) e à professora Clenia Mara Gomes de Moraes da Escola Estadual Juvêncio Martins Ferreira.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. C. de; OBARA, A. T. Educação Ambiental na Educação de Jovens e Adultos (EJA): problematizando o tema saneamento básico por meio de jogo didático. **Revista Valore**, v. 6, p. 372-380, 2021. DOI 10.22408/reva602021813372-380. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/813>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde**. Manual de saneamento. 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_saneam.pdf> Acesso em: 02 mar. 2022.

KISHIMOTO, T. M. Jogo Brinquedo e Brincadeira na Educação. In: USP (SÃO PAULO) (ed.). **Jogo Brinquedo e Brincadeira na Educação**. 8. ed. [S. l.: s. n.], 2011. cap. 1, p. 13-43. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4386868/mod_resource/content/1/Jogo%2C%20brinquedo%2C%20brincadeira%20e%20educa%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 17 fev. 2022.

MOMESSO, A. M. A Química pode contribuir para melhorias no tratamento da água. In: ONG. CFQ (org.). **A Química pode contribuir para melhorias no tratamento da água**. BLOG, 28 jun. 2021. Disponível em: <http://cfq.org.br/noticia/a-quimica-pode-contribuir-para-melhorias-no-tratamento-da-agua/>. Acesso em: 2 mar. 2022.

RIBEIRO, J. W. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. In: RIBEIRO, J. W. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Orientador: Prof. MSc. Fabiano César Tosetti Leal. 2009. TCC (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, [S. l.], 2009. f. 28. Disponível em: <https://www.ufff.br/analiseambiental/files/2009/1/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2022

SILVA, A. R; NAGASHIMA, L. A. Desenvolvimento de Jogos Didáticos como Ferramenta Pedagógica: um olhar para o ensino de Ciências. In: **Desenvolvimento de Jogos Didáticos como Ferramenta Pedagógica**. [S. l.: s. n.], 2014. v. 1. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unespar-paranavai_cien_artigo_aparecida_regina_da_silva.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022

TRATA Brasil: Saneamento é saúde. In: **Trata Brasil: Saneamento é saúde**. Blog, 2020. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/universalizacao>. Acesso em: 2 mar. 2022.

CAPÍTULO 3

PODER CALORÍFICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA PARROQUIA LIMONCOCHA EN LA AMAZONIA ECUATORIANA

Data de aceite: 04/07/2022

Katty Verónica Coral Carrillo

<https://orcid.org/0000-0002-1680-5650>

Jorge Esteban Oviedo Costales

<https://orcid.org/0000-0002-8397-3419>

RESUMEN: La sobreproducción de residuos sólidos urbanos es una problemática que aqueja tanto al ambiente como a la salud humana, la parroquia Limoncocha, ubicada en la Amazonía Ecuatoriana, no es la excepción, ya que disponen sus residuos en un botadero de basura a cielo abierto ubicado en el cantón Shushufindi. Por otra parte, los pobladores toman sus propias medidas al disponer de sus residuos en fosas domiciliarias o quemándolas al aire libre. Este trabajo de investigación presenta un estudio de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la parroquia Limoncocha, como una fuente potencial de energía renovable obtenida a través de procesos de aprovechamiento energético como lo es la incineración. La caracterización de los RSU de la parroquia revela que se compone principalmente de materiales como: residuos de comida, plásticos, papel, cartón y en menor cantidad madera y textiles. Basado en esta caracterización, determinó el poder calórico superior (PCS) e inferior (PCI) que podrían ser recuperados, obteniéndose valores comprendidos entre 3154 y 4560 kcal/kg para PCS y 3100 y 4436 kcal/kg para PCI. Los resultados obtenidos de las muestras de textiles, papel, cartón, madera, materia orgánica y muestras

mixtas de los RSU, indican que el 92 %W de estos contienen potencial energético superior a 3100 kcal/kg por lo que pueden ser sometidos a procesos de aprovechamiento energético. Sin embargo, se ha descartado la incineración como sistema de gestión en la parroquia Limoncocha, ya que el flujo anual de residuos 1.7 Ton/día es insuficiente para implementar dicho sistema, sin entrar en convenios de asociación con otras poblaciones aledañas.

PALABRAS CLAVE: Residuos sólidos, contaminación, poder calórico, incineración.

SUPERIOR AND LOWER CALORIFYING VALUE OF SOLID URBAN WASTE FROM THE LIMONCOCHA PARISH IN THE ECUADORIAN AMAZON

ABSTRACT: The overproduction of urban solid waste is a problem that affects both the environment and human health. The Limoncocha parish, located in the Ecuadorian Amazon, is not the exception, as they dispose of their waste in an open garbage dump located in the canton Shushufindi. On the other hand, villagers take measures by disposing of their waste in household pits or burning it in the open air. This research project presents a study of urban solid waste (USW) of the Limoncocha parish as a potential renewable energy source obtained through energy use such as incineration. The characterization of the RSU of the parish reveals that it is composed mainly of materials such as food waste, plastics, paper, cardboard, and, in less quantity, wood and textiles. This characterization determined the upper caloric power (PCS) and lower (PCI) that could be recovered, obtaining

values between 3154 and 4560 kcal/kg for PCS and 3100 and 4436 kcal/kg for PCI. The results obtained from textiles, paper, cardboard, wood, organic matter, and mixed samples of the USW indicate that 92% W of these contain energy potential more significant than 3100 kcal/kg so that they can be subjected to processes energy use. However, incineration has been ruled out as a management system in the Limoncocha parish. The annual waste stream of 1.7 Ton/day is insufficient to implement that system without entering into association agreements with neighboring towns.

KEYWORDS: Solid waste, pollution, heating power, incineration.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos son producto tanto de actividades humanas domésticas como de actividades comerciales e industriales, buscándose reducir su generación en la fuente y exclusivamente cuando los materiales no puedan ser reciclados, se considera alguna estrategia de recuperación de los residuos, entre los que resaltan mecanismos térmicos de aprovechamiento energético como la incineración (Moratorio et al, 2012; World Bank, 1999).

La decisión de incinerar residuos, en lugar de enviarlos a un vertedero, requiere de una cuidadosa consideración de criterios, así como de estudios técnicos, que implican desde la caracterización hasta estudios complejos de composición química y energética. La realidad latinoamericana al momento, es que se están realizando varios esfuerzos para minimizar la generación de residuos, (World Bank, 1999), sin embargo, algunas de las actividades relacionadas con la reducción, recuperación y reciclaje se muestran incipientes, principalmente en nuestro país.

Ecuador, al 2010, presentaba una población de aproximadamente 16 millones de habitantes, generadora de 11200 toneladas de residuos sólidos por día (INEN, 2014, pg.14), con apenas un 39 % de disposición en Rellenos Sanitarios, en tanto que un 23% se depositan en botaderos a cielo abierto, botadero controlado un 26% y un 12 % en celdas emergentes (INEN, 2014, pg.18); resultando imperante realizar estudios que permitan determinar la factibilidad de la implementación de tecnologías de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos.

La Reserva Biológica Limoncocha (RBL), se encuentra ubicada al lado nororiental de la Amazonía Ecuatoriana, en la región suroccidental de la provincia de Sucumbios, cantón Shushufindi, parroquia Limoncocha, a una altura aproximada de 230 msnm, con una temperatura anual de 24,9 °C y una precipitación anual que alcanza hasta los 3065 mm (Bastidas, 2009 y Montenegro, 2015).

De acuerdo al censo de 2010, la parroquia Limoncocha contaba con 6 817 habitantes con una tasa de crecimiento del 3,48%, mientras que según datos poblacionales del INEC (2014), la parroquia Limoncocha está conformada por 7 146 habitantes, dispuestos en tres asentamientos principales; Limoncocha, Yamanunka y 18 de Noviembre. En cuanto

a la distribución étnica de la población, el 43,39% se califica como mestizo mientras que el 51,56% se considera indígena, siendo los principales grupos: Quichua y Shuar (INEC, 2010).

En cuanto a los residuos generados en la parroquia Limoncocha, esta no cuenta con un sistema de gestión adecuado a las necesidades del sitio, siendo su disposición final un botadero de basura a cielo abierto controlado, ubicado en Shushufindi. Por otra parte, en la parroquia sólo un 13,30% tiene acceso al servicio de recolección, un 29,06% lo desechan en terrenos baldíos y el 30,66% la queman (GADPL, 2021).

La parroquia Limoncocha, como se aprecia en la Ilustración 1, representa un sitio estratégico desde el punto de vista ambiental, ya que aloja un sin número de especies tanto animales como vegetales, a más de ello se encuentra la laguna Limoncocha, catalogada sitio RAMSAR, ocupando el segundo lugar en importancia de humedales del país (Montenegro, 2015).

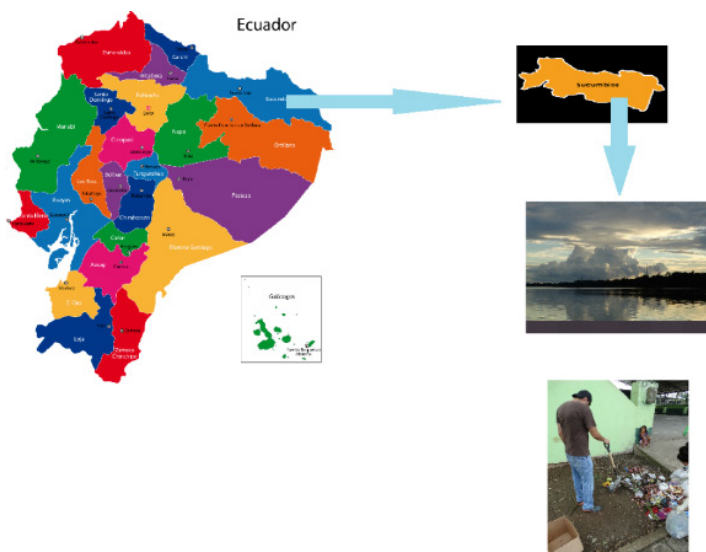


Ilustración 1. Mapa de la parroquia Limoncocha.

La parroquia también alberga una población en constante crecimiento, de acuerdo al INEN (2014) el Ecuador tiene un crecimiento poblacional del 1.4 % anual, lo cual repercutirá en un incremento al menos proporcional de la generación de residuos sólidos. Como consecuencia, es de suma importancia estudiar el flujo y las características fisicoquímica de los residuos generados, a fin de establecer las condiciones óptimas para implantar un sistema de gestión que posibilite la conservación de las tipologías naturales del sitio, a más de sostener una localidad limpia y una población sana. Dentro de la parroquia Limoncocha,

el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Shushufindi es el ente competente en la recolección y posterior tratamiento de residuos sólidos urbanos que genera dicha localidad. El sitio de disposición final de los residuos es únicamente un botadero controlado, como se aprecia en la Ilustración 2.



Ilustración 2. Relleno sanitario Shushufindi

Debido a las ventajas que presenta el mecanismo de incineración de residuos sólidos, el cual manifiesta no solo una mejora en el sistema de gestión y reducción de espacios para rellenos sanitarios, sino también permite aprovechar la energía generada al combustionar los mismos, resulta importante realizar la investigación de cuantificación del poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI), ya que el buen resultado de un proyecto de aprovechamiento energético de residuos, depende en primer lugar de datos exactos sobre las futuras cantidades de residuos y las características de los mismos. Con la información recopilada en este y otros estudios de la Parroquia de Limoncocha, se podrá establecer, a futuro, políticas y diseñar un sistema de gestión adecuado para las zonas de características similares a la Comunidad de Limoncocha.

Actualmente no existe ningún programa concreto por parte del estado ecuatoriano para el aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos en la región amazónica ecuatoriana, ni en la localidad de Limoncocha. La Universidad Internacional SEK, UISEK, se ha encargado de determinar la viabilidad de aprovechamiento energético de los residuos. A partir del año 2015, se dio inicio al estudio de determinación del Poder Calórico Superior e Inferior de los residuos sólidos urbanos en la parroquia Limoncocha, lo que permitió tener pautas para dar seguimiento a dicha investigación.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el proceso de determinación del PCI y PCS se tomaron muestras mensuales de los residuos sólidos urbanos en la parroquia Limoncocha a partir de agosto de 2015, las mismas que fueron trasladados al laboratorio de Química de la Universidad Internacional SEK para ser analizados. Durante esta etapa se procesaron muestras de papel, cartón, madera, textiles materia orgánica y mixto (combinación proporcional de todos los residuos en porcentajes correspondientes a la caracterización), obteniéndose la cantidad de energía en kcal/kg de estos residuos, al someterlos a un proceso de combustión en una bomba calorimétrica de Parr, Ilustración 3.



Ilustración 3. Equipo para la determinación del poder calórico (Bomba calorimétrica de Parr)

En cuanto a la fase de campo, la metodología establecida como base para el muestreo de RSU fue el “Método sencillo del análisis de residuos sólidos” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai. La metodología indica que se deben elegir bolsas de basura al azar, las mismas que son previamente pesadas hasta conseguir 50 kg de RSU. Una vez recolectado el peso deseado se trasladó a un sitio de preferencia pavimentado, en donde se vertió y se formó un montículo de residuos. Posteriormente se realizaron tres cuarteos, obteniéndose finalmente una muestra representativa de aproximadamente seis kilogramos de RSU (CEPIS, 2000), como se muestra en la Ilustración 4.

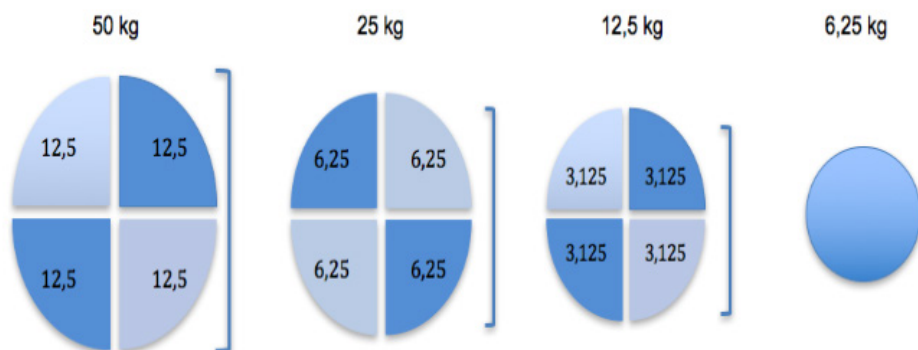


Ilustración 4. Método de muestreo por cuarteo.

En la última porción del cuarteo se procedió a clasificar los residuos en textiles, papel, cartón, madera, materia orgánica y otros (aquellos que no corresponden a ninguna de las categorías previamente clasificadas). Esta clasificación se realizó manualmente, luego de lo cual se procedió a pesar las diferentes categorías y determinar el porcentaje en peso (%P) de cada una. Este proceso se lo realizó paralelamente a una determinación in situ en una muestra representativa de la población, de esta manera se obtuvieron datos validados a través de las dos metodologías.

Análisis de PCS y PCI

En la fase de laboratorio, se realizó una homogenización y picado de las muestras en trozos de tamaño inferior a un centímetro, ver Ilustración 5. Las muestras de textiles, papel, cartón, madera y materia orgánica, se las trató puras, en tanto que la muestra mixta se preparó con cada uno de los residuos proporcionalmente a la caracterización de los residuos realizada previamente.



Ilustración 5. Preparación de muestras para el análisis

Las muestras fueron sometidas a un proceso de secado en una estufa durante 24 horas a una temperatura de 105°C, con el fin de eliminar la humedad contenida en los residuos. Para el cálculo del porcentaje de humedad se aplica la fórmula establecida por el Laboratorio de Suelos y Agua de Sáenz Peña (2005).

$$\% \text{ Humedad} = \% H = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Ec. 1

Donde

A es el peso de la muestra húmeda

B es el peso de la muestra seca

Una vez seca la muestra, se procedió a pelletizarla, dicho pellet fue procesado en la bomba calorimétrica de Parr, equipo que brinda la posibilidad de determinar el PCS a través de la fórmula establecida por el manual de instrucciones para su funcionamiento. (Código del manual: No. 204M.)

$$PCS = \frac{tW - e1 - e2 - e3}{m}$$

Ec. 2

En donde:

PCS = Calor de combustión (cal/g),

t = aumento de temperatura (°C),

W = Constante del equipo (cal/°C),

m = masa de la muestra (g),

e1 = corrección en calorías por el calor de formación de ácido nítrico,

e2 = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico y

e3 = corrección en calorías por el calor de combustión del cable de ignición.

El cálculo del poder calórico inferior se realizó por medio de una fórmula establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai, en su texto Método sencillo del análisis de residuos sólidos (2000).

$$PCI = PCS - \frac{\%H}{100} \times 600$$

Ec. 3

En donde: PCS = Poder calórico superior (cal/g),

PCI = Poder calórico inferior (cal/g) y

%H = % Humedad.

RESULTADOS

Caracterización de los Residuos de la Parroquia de Limoncocha

La caracterización que presenta la Ilustración 6., indica que los residuos tienen en su composición una cantidad mayoritaria de materia orgánica (restos de alimentos, material de poda, eses de animales, etc.), siendo esta del 73%. (Mora, 2016). El porcentaje de textiles es superior al de papel y cartón, a pesar de ello los textiles no se generan de forma constante. En cuanto a la producción de plásticos, ésta incrementa considerablemente durante las fechas festivas de la parroquia debido a su uso en la comercialización de alimentos. La producción de basura en Limoncocha es de 0.61 kg/hb/día. (Mora, 2016).

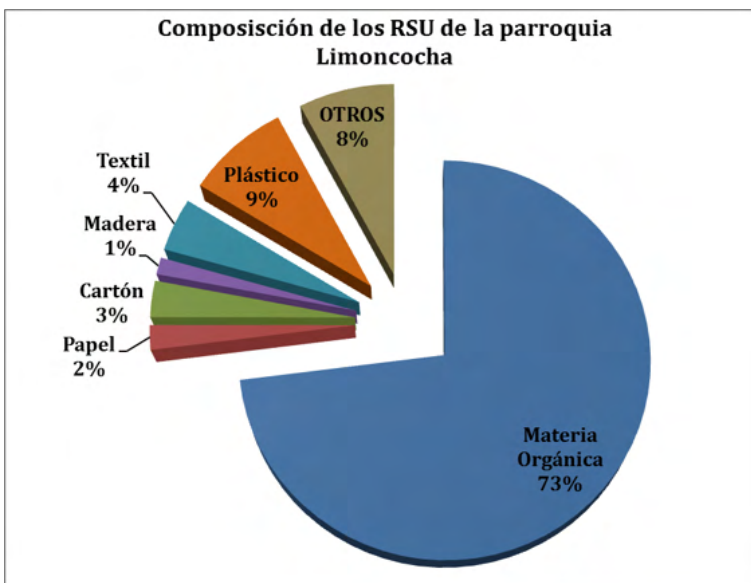


Ilustración 6. Caracterización de los residuos de la Parroquia de Limoncocha. (

A lo largo de los muestreos no se evidenció una cantidad apreciable de residuos sanitarios, encontrándose pañales desechables en la mayoría de días de muestreo, aunque en cantidades inferiores al 1%, mientras que el resto de residuos pertenecientes a esta categoría como papel higiénico, toallas sanitarias y una gran parte de pañales, se pudo verificar in situ que son quemados a cielo abierto en los mismos domicilios o, en su defecto, arrojados en fosas, quebradas o terrenos baldíos, lo que repercute en la calidad ambiental de la zona, pues al tratarse de una Reserva Biológica, todo residuo fuera de lugar genera malestar en los turistas que visitan la zona. De encuestas realizadas en el proyecto de Mora (2016), se determinó que el volumen de residuos que se someten a quema a cielo abierto es de alrededor del 30 %. (Mora, 2016)

Humedad de los residuos de la parroquia de Limoncocha

De acuerdo con Alonso, Martínez, & Olías (2003), y con Lomas et al (2001), el porcentaje de humedad óptimo que deben tener los residuos sólidos urbanos para ser aprovechados energéticamente es del 55 al 60%. En la Ilustración 7, se apreció que los residuos de materia orgánica y mixto (mezcla de todos los residuos), no podrían ser sometidos a la valorización energética, sin previamente efectuar un proceso de secado, en tanto que papel, cartón, madera y textiles, presentan valores de humedad acordes con el aprovechamiento energético. La humedad varía en función de la lluvia a la que se encuentra expuesta la basura previa su recolección, porque se la depone, para su recolección en lugares abiertos; si se toma en cuenta que el nivel de lluvia en la zona es de aproximadamente 3100 mm/m². (Climate-data Org., 2018), se encuentra que el depósito se debe realizar bajo techo.

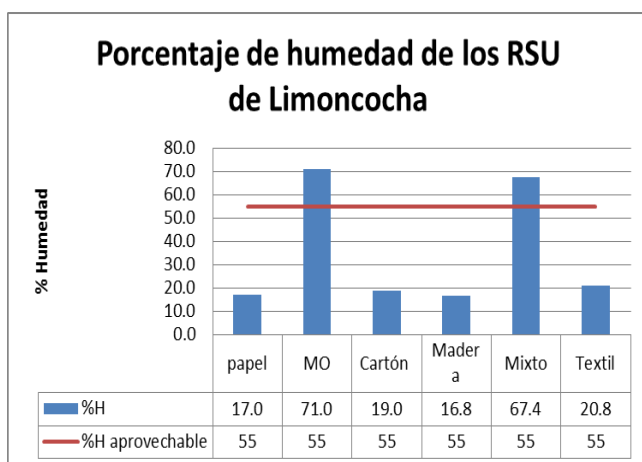


Ilustración 7. Porcentaje Humedad de los Residuos de la Parroquia de Limoncocha

Poder Calórico Superior e Inferior

Los resultados obtenidos en cuanto a Poder calórico superior e inferior de los Residuos Sólidos Urbanos de la parroquia de Limoncocha, indican que los textiles y la madera son aquellos con mayor capacidad de generar calor, en tanto que el residuo con menor poder calórico tanto superior como inferior es el papel.

La muestra mixta fue analizada de acuerdo a la composición de los residuos sin previa clasificación, es decir tal como se la encuentra en el depósito de residuos de la parroquia.

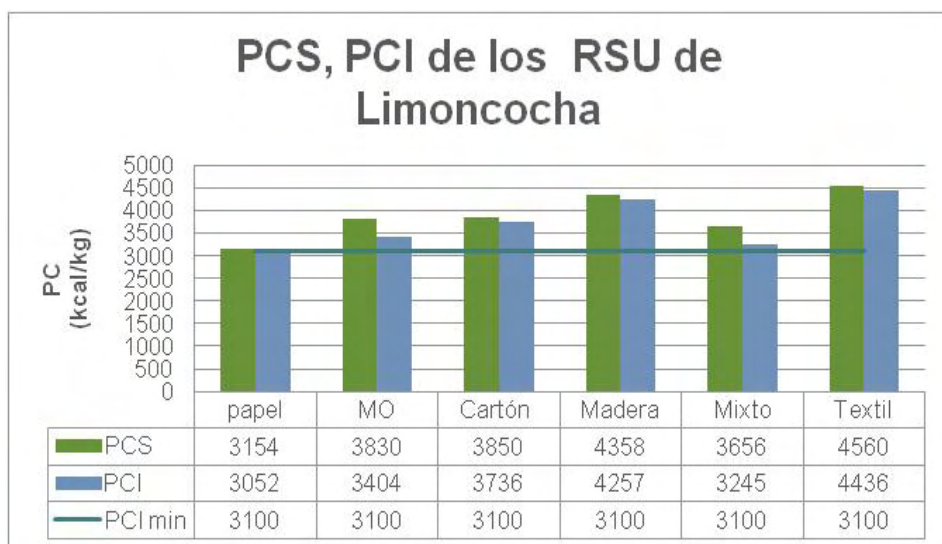


Ilustración 8. Poder calórico superior e inferior de los Residuos sólidos urbanos de la Parroquia de Limoncocha

Al ser el PCI uno de los parámetros más significativos a considerar para la implementación de un sistema de incineración de residuos, Romero (2010) indica que para que una planta incineradora alcance un rendimiento energético de entre el 20 y 30 %, el valor de PCI de los RSU debe ser de aproximadamente 3100 kcal/kg. Como se puede apreciar en la Ilustración 8., los residuos sólidos urbanos de la Parroquia de Limoncocha, podrían ser considerados para aprovechamiento energético, desde el punto de vista de poder calórico exclusivamente, pues desde la materia orgánica hasta los textiles superan el PCI recomendado por Romero.

CONCLUSIONES

La gestión de los RSU dentro de la parroquia Limoncocha es deficiente. No toda la cantidad de residuos es enviada al servicio de recolección parroquial, lo cual dificulta

realizar un aprovechamiento energético; no se conocen los valores reales de generación de la parroquia, (~ 1.7 ton /día), sin embargo, del trabajo de Mora (2016) se evidencia una inapropiada gestión de los residuos con su consiguiente repercusión en la calidad ambiental de la zona.

El sistema de recolección denominado “a pie de vereda” dificulta el aprovechamiento, ya que al no estar separados los RSU, dentro de las estaciones de transferencia se demandaría tiempo para realizar esta acción, modificándose así las condiciones propias del residuo. Adicionalmente, la recolección de residuos dos veces por semana, provoca que la población busque formas de deshacerse de sus residuos, especialmente los sanitarios, por lo que recurre a la quema a cielo abierto, provocando gases de combustión y con el peligro de generación de dioxinas y furanos.

Para un adecuado aprovechamiento de los RSU, es necesario realizar una separación en la fuente y una recolección selectiva que permita un manejo integral de los mismos, preservando de esta manera el ecosistema frágil de la parroquia Limoncocha, además de recolectar los residuos con mayor frecuencia que la que se efectúa en la actualidad.

Debido a que la generación de residuos depende en gran medida de las condiciones socioeconómicas y el grado de urbanización y la industrialización del área intervenida (Word Bank, 1999), se corrobora que los residuos de la parroquia rural Limoncocha están constituidos principalmente por residuos de comida provenientes de las viviendas y comedores. Los días festivos, el consumo de alimentos preparados incrementa notablemente la proporción de plásticos en los RSU de la comunidad.

Los hábitos de disposición de los residuos de los habitantes de la parroquia Limoncocha son un limitante para el aprovechamiento energético. El resultado de poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos depende de algunas condiciones propias de la zona y sus costumbres, tal es el caso de condiciones climáticas, de almacenamiento, transporte y conservación. La humedad puede variar debido a dichas condiciones, alterando el PCI necesario para el aprovechamiento energético de los residuos.

Como ya se indicó, el contenido máximo de humedad de un residuo sólido debe ubicarse entre el 55 y el 60% para que sea considerado como materia prima para incineración. Los tipos de residuos: papel, cartón y madera presentaron contenidos de humedad necesarias para ser consideradas como materia prima para dichos procesos, mientras que materia orgánica superó el máximo establecido con un valor de 71 %, por lo tanto este tipo de residuo no podría ser utilizado como materia prima para procesos de incineración, así como tampoco podría serlo la mezcla total de los RSU (muestra Mixta), pues llega al 67,4 % de humedad.

La abundante humedad presente en la muestra mixta redujo el potencial energético de la misma, pese a ello, este parámetro no impide el aprovechamiento de los residuos. En cuanto a la muestra de textil, el porcentaje de humedad fue insignificante para la mayoría de las muestras por lo cual no influyó determinantemente en la obtención del poder calórico

inferior, por lo que no representa un limitante para el aprovechamiento energético de los RSU.

La caracterización de los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha reveló una composición mayoritaria de materia orgánica (73%), a pesar de ello, esto no representa un limitante para el aprovechamiento energético, a diferencia de la cantidad de residuos generados, la cual es insuficiente para establecer una planta de incineración, pues se producen diariamente apenas 1,7 ton de RSU.

El potencial energético que brindan los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha, para todas las muestras analizadas, son aptos para someterlos a procesos de aprovechamiento energético con recuperación de energía, ya que en promedio el PCI supera las 3 100 kcal/kg requeridas.

Considerando tanto las características fisicoquímicas de los residuos como el flujo anual de los mismos, se descarta la incineración como sistema de gestión en la parroquia Limoncocha, ya que a pesar de que el PCI se encuentra dentro del rango recomendado y la composición y el porcentaje de humedad no fueron factores limitantes para la implementación de un sistema de incineración, la generación per cápita de apenas 0.61 kg/hb/día, (Mora, 2016), de los residuos en la parroquia resulta insuficiente, por lo que no justifica los costos de operación y tratamiento de gases, agua y cenizas, que implica establecer una planta incineradora.

Una opción para el aprovechamiento energético de residuos de pequeñas poblaciones es conformar mancomunidades, mismas que capten los RSU de varias pequeñas y medianas poblaciones, con el fin de generar un volumen de residuos suficiente para que el aprovechamiento energético sea representativo. De varios autores y especificaciones técnicas se recomienda un volumen de residuos mínimo de 17 ton/día.

REFERENCIAS

Alonso, C., Martínez, E., & Olías, J. (2003). Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos. Madrid: Editora LA LEY.

Bastidas, D. (2009). Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). Recuperado el 15 de abril de 2016 de: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/GTRA/file/FIR%20Catamarca.pdf>

Cabrera J. (2016). Cuantificación del Poder Calórico Superior e Inferior de los Residuos Sólidos Urbanos: Papel, Cartón, Madera y Materia Orgánica de la Parroquia de Limoncocha. 2015-2016. UISEK. Ecuador.

Cano L (2016), Cuantificación del % de humedad y cenizas contenidos en los residuos urbanos de la Parroquia de Limoncocha. UISEK, Ecuador.

Climate-data Org., (2018), "Clima Limoncocha", Recuperado el 19 de febrero de 2018 en: <https://es.climate-data.org/location/501805/>

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Limoncocha, 2021. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Parroquia "Limoncocha". Geográficas SIS.

INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2014). Ecuador en cifras: Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales. Recuperado el 16 de febrero de 2018 en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_ConsProvinciales_2014/Municipios-2014/201412_GADS%20MunicipalesDocumentoTecnicoDeResultados.pdf

INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). Censo de población y Vivienda. Ecuador.

Lomas E, Urbano J, Merino C, Camarero J & Luis Miguel E, (2001), Valorización de la Biomasa en el País Vasco, Universidad del País Vasco, Bilbao, España.

Montenegro, M. 2015 "Valoración y Gestión Económico Ambiental para la Conservación de la Reserva Biológica Limoncocha, Shushufindi, Sucumbios - Ecuador". Quito, Ecuador.

Mora C. (2016). Diagnóstico del Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos de la Cabecera Parroquial de Limoncocha, mediante muestreos realizados en la población (2015-2016). UISEK. Ecuador.

Moratorio, D., Rocco, I. & Castelli, M. 2012 "Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía". Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, núm. 10, 2012, 117 ISSN 1510-7450 • ISSN (en línea) 1688-9584

Ninabanda C. (2016). Cuantificación del Poder Calórico Superior e Inferior de los Residuos Sólidos Urbanos: Textil y Mixto de la Parroquia Limoncocha. 2015-2016. UISEK, Ecuador.

Romero, A. 2010. La incineradora de residuos: ¿está justificado el rechazo social? Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (104) 0 1, pg 175-187. Madrid.

Sáenz Peña. 2005. "Procedimiento de Técnicas para Análisis Químico de Suelos". Laboratorio de Suelos y Agua. Chaco, Argentina.

Sakurai K. (2000). Guía HDT 17: Método sencillo del análisis de residuos sólidos. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Recuperado el 28 de abril de 2016 en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>

The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 1999, "Municipal Solid Waste Incineration". Washington, D.C. 20433, U.S.A.

MAGNETIC NANOPARTICLES ASSOCIATED WITH ORGANIC AND INORGANIC COAGULANTS IN THE TREATMENT OF GALVANIC EFFLUENT

Data de aceite: 04/07/2022

Mariana Fernandes Alves

Federal Technological University of Paraná –
Londrina campus /PR
Environmental Engineering student

Edilaine Regina Pereira

Federal Technological University of Paraná –
Londrina campus /PR
Phd degree Environmental Engineering teacher

Higor Aparecido Nunes de Oliveira

Federal Technological University of Paraná –
Londrina campus /PR
Environmental Engineering student

Dandley Vizibelli

Federal Technological University of Paraná –
Londrina campus /PR
Master in Environmental Engineering

Julio Cesar Angelo Borges

Federal Technological University of Paraná –
Londrina campus /PR
Master student in Environmental Engineering

Marcelo Hidemassa Anami

Federal Technological University of Paraná –
Londrina campus/PR
Phd degree Environmental Engineering teacher

ABSTRACT: With the aim at minimizing the environmental impact coming from the washing of parts in the electroplating industry, the present work has the objective to compare the efficiency of the organic coagulants *Moringa oleifera* and Tanino and

the inorganic Aluminum Sulfate, Bufloc 5122 and Bufloc 5158 (as an aid to 5122) once associate or not with magnetic nanoparticles. Thus, it was used simulation processes of coagulation, flocculation sedimentation and, filtration and at the end of the tests it was observed that both the treatments that used or not nanoparticles did not show little variation in the result of electrical conductivity and pH, however, they showed a variable and positive results for the turbidity removal parameter, where the treatment with coagulant extracted from the seed of *Moringa oleifera* showed the best result, having a removal rate after filtration equal to 99.85%. Notably, the use of magnetic nanoparticles proved to be efficient for shorter sedimentation times however it was not demonstrated a significant artifact in the post-filtration performance for this effluent in question

KEYWORDS: Magnetit, coagulant, electroplating.

NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS ASSOCIADAS A COAGULANTES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE GALVÂNICO

RESUMO: Visando a minimização do impacto ambiental causado pelo excesso de efluent advindo da lavagem de peças da indústria de galvanoplastia o presente trabalho tem como objetivo comparar a eficiência dos coagulantes orgânicos Tanino e *Moringa oleifera* e dos inorgânicos Sulfato de Alumínio, Bufloc 5122 e o Bufloc 5158 (auxiliar ao 5122) quando associados ou não a nanopartículas magnéticas. Utilizou-se a simulação dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração e ao fina

dos ensaios observou-se que tanto os tratamentos que utilizaram nanopartículas quanto os que não utilizaram apresentaram pouca variação de resultado para a condutividade elétrica e pH, no entanto mostraram um resultado variável e positivo para remoção do parâmetro turbidez, onde o tratamento com o uso do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* apresentou o melhor resultado, tendo uma taxa de remoção após a filtração igual a 99,85%. Ressalta-se que a utilização das nanopartículas mostrou-se eficiente para tempos menores de sedimentação, no entanto não se demonstrou um artifício significativo no desempenho pós filtração para este efluente em questão

PALAVRAS-CHAVE: Magnetita, coagulante, galvanoplastia.

1 | INTRODUCTION

Electroplating can be characterized as a branch of the metallurgical industry that consists of chemical processes of bathing or washing parts to deposit metallic layers on material, from oxidation and reduction reactions in order to protect against corrosion, beautify objects for decorative purposes, improving the thickness and conductivity of the object (INSTITUTE OF THE ENVIRONMENT, 2014; PEREIRA, 2017).

The main environmental impact of this industrial process is the high demand for water used due to the various washings involved, as well as the solid residue and sludge generated. In addition, the liquid effluent has a high load of heavy metals such as chromium, zinc, copper, nickel, and lead, all of which are harmful to public health (INSTITUTE OF THE ENVIRONMENT, 2014).

The use of nanotechnologies as an aid to the use of coagulants in the treatment and removal of physical and chemical parameters has been observed to minimize environmental impacts, given that when the magnetic field is applied through the nanoparticles, the flake formed in the process are attracted by the electrostatic force, so that sedimentation occurs more quickly, in addition to removing small particles (GILPAVAS et al., 2017; MATIAS, 2012).

Therefore, this study aims to analyze the treatment of effluent from electroplating with the aid of different types of organic and inorganic coagulants associated with the use of magnetic nanoparticles.

2 | MATERIALS AND METHODS

The effluent used for the development of this research came from an electroplating industry located in the North of Paraná and the experiments were carried out at the Water Resources Laboratory at UTFPR - Londrina. Were used for the treatment Organic coagulants extracted from *Moringa oleifera* seeds and Tannin and inorganic coagulants Aluminum Sulfate, Bufloc 5122 and Bufloc 5158 as an auxiliary to 5122. For the *Moringa oleifera* coagulant solution, 50g of the seed was weighed, which underwent a process of agitation in a blender together with 1 L of distilled water and 1M of NaCl, and then the mixture was strained through a cloth strainer. For the other coagulants, 10 mL of the coagulant was

diluted in 1 L of distilled water.

The ideal dosage of each coagulant was defined from a pre-assay, which established the dosage of 2 mL L⁻¹ of Bufloc 5122 together with 2 mL L⁻¹ of Bufloc 5152, 12 mL L⁻¹ of *Moringa oleifera*, 8 mL L⁻¹ of Aluminum Sulfate and 4 mL L⁻¹ of Tannin. After testing in Jar-test, 10 mg of concentration was adopted for the use of the magnetic nanoparticle. The nanoparticle used was magnetite, which was produced following the methodology described by Schwertmann and Cornell (2000). Thus, the treatments used were 1: Tannin without nanoparticles; 2: Tannin with nanoparticles; 3: Aluminum Sulfate without nanoparticle; 4: Aluminum Sulfate with nanoparticles; 5: *Moringa oleifera* without nanoparticle; 6: *Moringa oleifera* with nanoparticle; 7: Bufloc 5122 and Bufloc 5158 auxiliary without nanoparticle and 8: Bufloc 5122 and Bufloc 5158 auxiliary with nanoparticle. The treatments without nanoparticles were performed in duplicates.

To simulate the coagulation, flocculation and, sedimentation processes, the Jar-test test was adopted, where after homogenization of the effluent, 3 minutes of rapid agitation (150 rpm) were used for the coagulation process, 10 minutes of slow agitation (15 rpm) for the flocculation process, and then the device is turned off, starting the sedimentation process (adapted from THEODORO, 2012). Collections were performed at 3 minutes (t1), 13 minutes (t2), 23 (minutes) and 33 (minutes). After the last time, the samples still passed through a filter whose filter medium was determined from a test with three different materials and from the filter that presented the best result, the filters used for this study were built containing 1 base layer of blanket. non-needled geotextile and another layer with sand from 0mm to 0.425mm. Using the methodology of APHA (2012), the parameters pH, electrical conductivity, and turbidity were analyzed.

3 | RESULTS

The raw effluent presented pH 6.31 as results; electrical conductivity 11.22 mS.cm⁻¹; and turbidity 1335 NTU. The behavior of the pH during the test is shown in Fig 1.

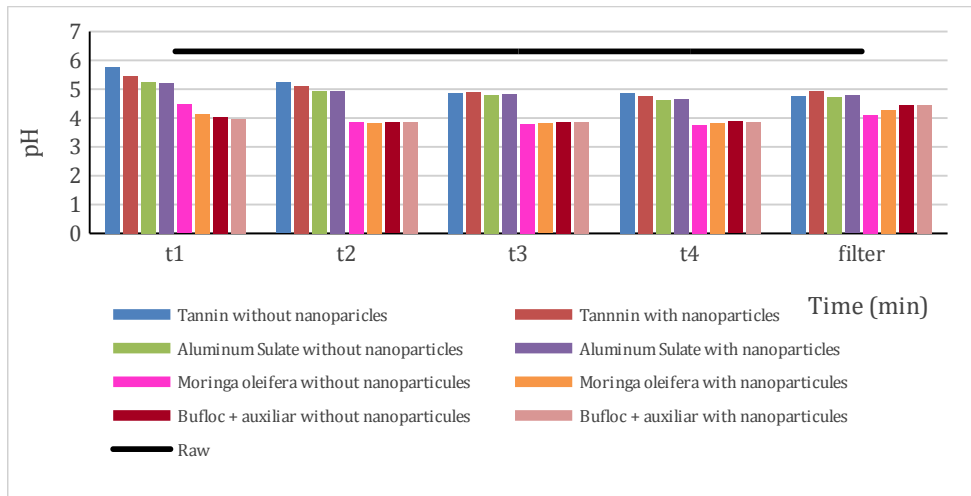


Figure 1 – The pH variation during the test.

Source: own authorship (2021).

In comparison with the raw effluent, all treatments showed a decrease in pH. The treatment with Tannin without the association of nanoparticles showed a decrease in pH, which ranged from 5.76 (t1) to 4.75 after filtration; already the treatment of this same coagulant with the nanoparticles showed little variation, having its value after filtration 4.94. For the treatment with aluminum sulfate, there was little difference when comparing the use or not of nanoparticles, having after filtration values of 4.78 and 4.73, respectively.

The coagulants *Moringa oleifera* and Bufloc + auxiliary showed lower pH values when compared to the two previous coagulants, with values below 4.47 from t1 onwards. During the test, the values changed in behavior after filtration (with the exception of the Tannin treatment without the nanoparticles) when all had an increase in pH, especially the treatment with Bufloc together with the nanoparticles, however, the use of nanoparticles did not change the pH behavior. It is noteworthy that the treatments with *Moringa oleifera*, Bufloc 5122 + auxiliary, Tannin, and Aluminum Sulfate presented a pH value below that required by CONAMA Resolution 430/2011 (BRASIL, 2011) which must be from 5 to 9 to be released in a water body suggesting that there was a need for correction for its proper release for this treatment. The variation of the electrical conductivity of the treatments used is shown in Fig.2.

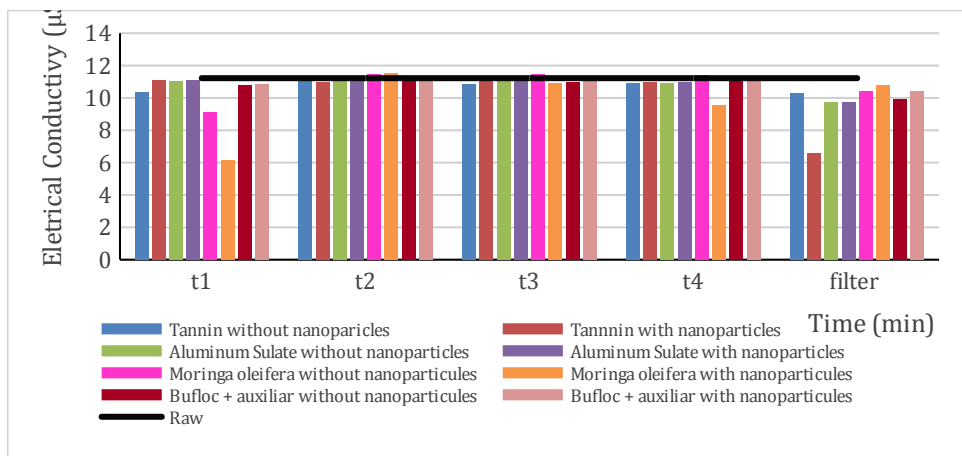


Figure 2 – Behavior of electrical conductivity.

Source: own authorship (2021).

It is observed from Fig. 2, that the values for electrical conductivity varied little compared to the raw value (11.22 mS.cm^{-1}) throughout the sedimentation process. The lowest value was for *Moringa oleifera* 6.13 mS.cm^{-1} , referring to treatment with nanoparticles.

After filtration, all treatments had a drop in the values related to this parameter, with emphasis on the treatment using Tannin together with the nanoparticles, which reached a value of 6.57 mS.cm^{-1} , a value well below that found in the raw. For the other coagulants, the variation occurred from 10.8 mS.cm^{-1} to 9.73 mS.cm^{-1} for *Moringa oleifera*, this is due to the presence of salt in the coagulant solution of this treatment, which triggers the release of ions increasing electrical conductivity, corroborating Vizibelli et al. (2017) and Ribeiro et al. (2018). Almeida (2019), when using *Moringa oleifera* and Aluminum Sulfate as coagulants for the treatment of electroplating effluent, observed the same behavior for electrical conductivity after filtration, with a decrease in the values of this parameter. Figure 3 shows the values obtained for the turbidity parameter, which converted into removal percentages.

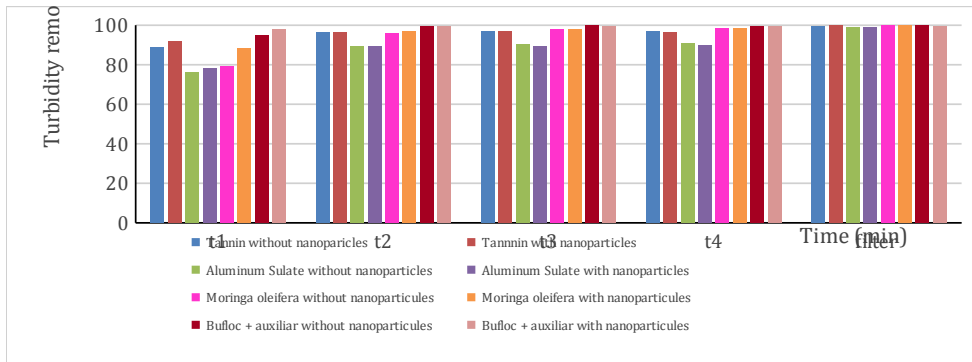


Figure 3 – Percentage of turbidity removal efficiency .

Source: own authorship (2021).

When analyzing the turbidity removal efficiency data (Fig.3), it is observed that the Bufloc + auxiliary coagulant, with and without the nanoparticles, has a fast action, and during the sedimentation process, the organic and inorganic coagulants showed an evolution in the removal of turbidity over time. Tannin presented values above 96% in the last collection, while *Moringa oleifera* rates above 98% at the end of the sedimentation process. On the other hand, the Aluminum Sulfate among all coagulants was the one that presented a later action, reaching values close to 90%. Vaz (2009) worked with *Moringa oleifera* in different concentrations for the analysis of apparent color and turbidity in the treatment of effluent from electroplating, their studies *Moringa oleifera* showed a maximum removal of turbidity close to 92%, which demonstrates the efficiency of this coagulant for effluent treatments in this industrial branch.

The action of the nanoparticles was positive when there was little sedimentation time, but in the end, the results were equal to the treatments without the nanoparticles, a similar outcome to Andrade's (2019), where at the end of the sedimentation the treatments with maximum efficiency of removal of turbidity with and without the use of nanoparticles reached similar removal values in the range of 96% with no significant variation. After passing through the filter, all treatments with and without nanoparticles reached values above 99%. A highlight for *Moringa oleifera* after filtration, which obtained a removal rate equal to 99.85%, having, therefore, the best result compared to the other treatments.

By applying the ANOVA analysis of variance, Table 1, it is possible to observe that there is a significant variation in turbidity removal, both between treatments and throughout the process, as both sources of variation present a P-value of less than 5% of significance and an F distribution value above the values that delimit the areas of acceptance and rejection given by F critical.

Fonte da variação	SQ	gl	QM	F	P-value	F-crit
Treatment	529,3927	7	75,62753	7,782948	3,08348E-05	2,35926
Time	692,9234	4	173,2308	17,82746	2,21713E-07	2,714076
Error	272,0783	28	9,71708			
Total	1494,394	39				

Table 1. ANOVA analysis of variance to double factor without repetition.

Source: own authorship (2021).

Thus, the hypothesis that at least one of the sources of variation is statistically different from the others is valid. However, due to the small volume of data, it is not possible to statistically determine which of the sources of variation is different from the others, presenting a greater or lesser ability to influence turbidity removal, to determine such influence, a complementary test with a greater number of sample data is pivotal.

4 | CONCLUSIONS

It is concluded that for the treatment of effluent from electroplating, the treatments adopted in this study showed positive results in the turbidity removal parameter and little variation in the electrical conductivity and pH parameters. The use of nanoparticles showed significant action in shorter sedimentation times but did not present effective results for the post-filtration. It is observed that the organic coagulants extracted from the seeds of *Moringa oleifera* and Tannin obtained excellent rates of turbidity removal, equaling to the other inorganic coagulants. Such analysis shows that in addition to the environmental and public health advantages that organic coagulants have, their performance compared to inorganic coagulants is similar and at times even superior.

ACKNOWLEDGMENT

This work was carried out with the support of the Federal Technological University Universidade of Paraná, Londrina campus.

REFERENCES

- ALMEIDA, G. P. et al. Effluent treatment from an electroplating industry with the aid of *Moringa oleifera*, Bonderite S-WT and Aluminum Sulfate. In: Brazilian Congress of Agricultural Engineering, 48. Campinas, 2019.
- ANDRADE, M.C. et al. Action of organic and inorganic coagulants in the treatment of electroplating effluent with the aid of nanoparticles. In: Brazilian Congress of Agricultural Engineering, 48. Campinas, 2019.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22^a ed. Washington, 2012 American Public Health Association. 1082p., 2012.

BRAZIL. Ministry of the Environment, National Council for the Environment, CONAMA. CONAMA Resolution No. 430, of May 13, 2011.

INSTITUTE OF THE ENVIRONMENT, **Electroplating: guidelines for environmental control**. Rio de Janeiro: INEA, 2014. 2. Ed.

GILPAVAS, E.; DOBROSZ-GOMEZ, I.; GOMEZ-GARCIA, MENENGEL. Coagulation-flocculation sequential with Fenton or Photo-Fenton processes as an alternative for the industrial textile wastewater treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 191, p. 189–197, 2017.

MATIAS, M. S. **Treatment of silver nanoparticles by electrocoagulation**. Completion of course work – Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of Santa Catarina. Florianópolis, p. 122. 2012

PEREIRA, C.E.G. Study of the main diseases caused to chromaters in the electroplating sector. Completion of course work (Specialization) – Specialization Course in Occupational Safety Engineering, Federal Technological University of Paraná (UTFPR). Londrina, p. 58. 2017.

RIBEIRO, T. et al. Association of magnetic nanoparticles with organic coagulants in the treatment of effluent from the dairy industr . In: XXIII Seminar on Scientific and Technological Initiation, 8. Apucarana, 2018.

SCHWERTMANN, U; CORNELL, R.M. Iron oxides in the laboratory: Preparation and Characterization. Wiley_VCH Verlag GmbH. D-69469, 2000.

THEODORO, J.D.P. Study of coagulation/flocculation mechanisms to obtain water supply for human consumption. 2012. 184f. Doctoral Thesis (Department of Chemical Engineering) – Technology Center, State University of Maringá, Maringá, 2012.

VAZ, L.G. de L. at al Evaluation of different coagulating agents in the removal of color and turbidity in electroplating effluent. **Eclectic Chemistry**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.

VIZIBELLI, D. et. al. Use of different types of filters associated with the coagulants *Moringa oleifera* and Ferric Chloride in water treatment. In: XXII Seminar on Scientific and Technological Initiation, 7. Londrina, 2017.

POPULATION STRUCTURE AND ECOLOGY OF A HIGH ANDEAN FOREST: *POLYLEPIS RUGULOSA* (ROSACEAE) FROM PERU

Data de aceite: 04/07/2022

Morales-Aranibar Luis

Director of the Office of Innovation, Technology Transfer and Intellectual Property at the National Intercultural University of Quillabamba – Cusco

Rivera Campano Milko

Director of the Professional School of Environmental Engineering, National University of Moquegua

Flores Roque Mario

Teacher of the Professional School of Environmental Engineering, National University of Moquegua

Morales Aranibar Carlos

Research collaborator, Jorge Basadre Grohmann National University of Tacna

Costa Taborga Juan

Research collaborator, National University of San Antonio Abad of Cusco

ABSTRACT: Thirteen plots of 500m² were established in the forest of quenoa at Muylaque, district of San Cristóbal (Moquegua), southern of Peru. The population structure showed a predominance of saplings (239 individuals), followed by adults (217 individuals), and seedlings (164 individuals). The average of individuals per plot was higher for the seedlings (18.4 ± 3.6), followed by adults (16.7 ± 4.3) and saplings (12.6 ± 4.5). It was estimated 334 adult individuals per hectare. *P. rugulosa* yielded floral buds during

the wet season (December to February), while in the dry season (July to September) individuals in a vegetative stage predominate. The fruiting stage predominated at the end of the wet season (February to April). The plants affected by anthropogenic activities were accounted up to 13% of the plants evaluated. The associated flora to the *P. rugulosa* forest is composed of 72 species of herbaceous and shrubby plants distributed in 28 families.

KEYWORDS: Anthropogenic influence; associated flora; phenology; plant growth.

1 | INTRODUCTION

Quenoa (genus *Polylepis*, Rosales: Rosaceae) forests are recognized as centers of endemism and biological diversity (Sevillano-Ríos and Rodewald 2017). These forests with quenoa as dominant species are scarce and occupy small areas (patches) mainly due to human activities and the effects of climate change (Renison et al. 2004; Kessler 2006; Peng et al. 2015). The distribution of these forests is restricted to rocky or broken slopes (Kessler 2006; Trinidad and Cano 2016; Segovia-Salcedo et al. 2018; Morales-Aranibar et al. 2019) and their ecological importance lies in providing habitat for the development of high Andean avifauna, endemic plants, mammals, hydric regulation, and carbon sequestration (Servat et al. 2002; Patterson 2004; Mendoza y León 2006; Morales-Aranibar 2015; Trinidad and Cano 2016; Sevillano-Ríos et al. 2011,

2018; Poca et al. 2018; Aquino et al. 2018; Samata et al. 2019). In *Polylepis* forests, the observed associated flora and fauna are unique for these ecosystems due to the presence of particular niches that favor the formation and coexistence of many species (Kessler 1995; Servat et al. 2002; Sevillano-Ríos and Rodewald 2017). Despite the importance of these forests as biodiversity hotspot and its ecosystem services, phytosociological studies are still scarce in the Andes, particularly in southern Peru and northwestern Bolivia (Montesinos-Tubée et al. 2015; Cuykens and Renison 2018; Segovia-Salcedo et al. 2018; Morales-Araníbar et al. 2019).

The fragmentary distribution of these high Andean forests has provoked discussion about the relative importance of the anthropogenic and climatic causes of this pattern, which vary with topography and climate (Toivonen et al. 2017). Some studies proposed that the loss of high Andean forests could increase during the Inca Empire and the colonial era due to the intensification of agriculture and a greater demand for firewood and charcoal as fuel (Kessler 2002; Hensen et al. 2012; Domic et al. 2017). The biomass of high Andean forests is used as fuel and in the construction of rural buildings of the Puno region in Peru and Bolivia (Collahuasi 2011). Across the Andes, these forests suffer accelerated processes of erosion, landslides of slopes by the implementation of roads and rural roads, especially in connection to mining and logging activities (Collahuasi 2011; Morales-Araníbar et al. 2019) to promote grazing lands and wood extraction (Renison et al. 2004; Ciertjacks et al. 2008). These anthropogenic activities have caused the loss of extensive forest areas and have reduced the regeneration capacity of the *Polylepis* forests (Domic et al. 2013).

The quenoa forest of Muylaque (Moquegua) is recognized as a priority area for conservation according to Regional Ordinance No. 29-2012-CR/GRM of the Moquegua Regional Government, with the main objective of conserving its biological diversity. The Muylaque forest is characterized for the dominance of *Polylepis rugulosa* Bitter. Currently, this forest is intended for conservation and ecotourism practices although rural populations still practice economic traditional activities (e.g., agriculture, grazing, and wood extraction). This study could contribute to gather primary information on the current situation of quenoa population at Muylaque forest. This information could be used to promote its management and conservation. The objectives of this study were: 1) to evaluate the population structure by development stages of *P. rugulosa*, 2) to estimate the abundance of *Polylepis*, 3) to observe their phenology in the wet and dry season, 4) to evaluate the effects of anthropogenic activities on *Polylepis* forest, and 5) to identify the associated flora of the *Polylepis* forests.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 The study area

The study area is located in the northeast of the Muylaque Little Town, San Cristóbal

district, Mariscal Nieto province, Moquegua region, Perú. We evaluated the quenoa forest (7.96 km²) composed mainly by *Polylepis rugulosa* Bitter, located between the coordinates 16° 39' - 16° 37' N and 70° 43' - 70° 39' W. The altitudinal range spans from 3250 masl to 4350 masl. The annual average temperature ranges between 4 °C to 6 °C, and the annual average rainfall ranges between 450 mm and 550 mm (Chancayauri 2008). It is recognized as a priority area for the conservation of the Moquegua region in the Tambo river basin by the Regional Ordinance No. 29- 2012-CR/GRM of Moquegua Regional Government. According to the Holdridge life zones classification, the Muylaque quenoa forest belongs to the humid paramo - Subalpine Subtropical (ph-SaS) (Chancayauri 2008; GORE Moguegua 2015).

2.2 Field survey

Thirteen plots (20m X 25m) were set for analyzing the different demographic stages of *P. rugulosa*. The population structure was selected into three development stages: a) seedling, <0.30m, b) sapling, between 0.30m to 1m, and c) adults, >1m. The stem density was estimated by counting individuals for each plot, and these values were expressed as individual per hectare (1 hectare = 0.01 Km²).

We monitored the phenology of *P. rugulosa* in 40 marked individuals from January to December 2016. The phenological stages correspond to: vegetative (V), flowering (FI), and fructification (Fr). In each marked individual four branches of 40 cm long were selected, based on the representativeness of reproductive structures compared to the entire canopy of the individual.

The anthropogenic effects in the populations of *P. rugulosa* were determined with direct observations in three different levels: a) Unaffected (good visual appearance, vigorous leaves and no anthropogenic impact), b) Middle affected (slightly damaged, signal of cutting, dried branches, there are a few dry leaves), and c) Affected (broken, cut, dry, burned, and/or dead individuals), following the levels of anthropogenic effects proposed by the Tacna Regional Government (GORE Tacna 2015).

Plant specimens were collected in the dry and wet season to identify all the vegetation associated to *P. rugulosa*. The collections were made inside and outside of the plots. The collected botanical specimens were treated according to the method proposed by Gutierrez-Salazar and Garcia-Mendoza (1999). The taxonomic identity was determined using the CUZ Herbarium collections from the Universidad Nacional de San Antonio del Cusco (UNSAAC).

For statistical analysis, we used the Past software v 3.2 (Hammer *et al.*, 2001). The performed analyzes were descriptive statistics (average ± standard error), and normal distribution (Shapiro-Wilk normal distribution test).

3 | RESULTS

3.1 Population structure and density of *P. rugulosa*

We registered a total of 620 individuals in all thirteen plots. The highest number of individuals was for saplings stage (239 individuals), followed by the adults (217 individuals), and seedlings (164 individuals). The evaluated plots showed a heterogeneous population structure, with the predominance of the sapling stage. In three of these plots, only the adults and saplings were recorded; in other four plots, the number of saplings was higher than the number of adults.

The evaluated plots did not show a normal distribution (Shapiro-Wilk test, $W = 0.772$, $p = 0.003$), the same happened in the case of the adult individuals ($W = 0.679$, $p < 0.001$). The average of individuals per plot was higher for the saplings (average \pm standard error: 18.4 ± 3.6) followed by adults (16.7 ± 4.3) and seedlings (12.6 ± 4.5) (Figure 1).

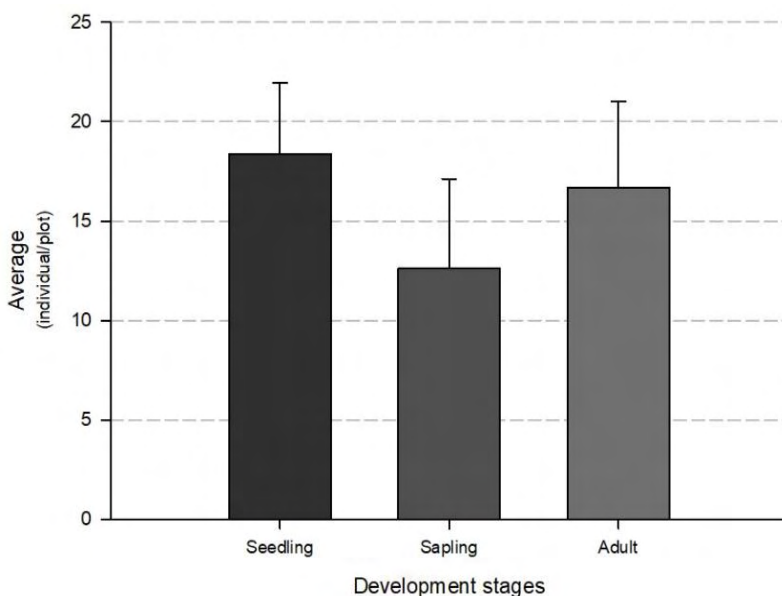


Figure 1. Population structure of *Polylepis rugulosa* (mean \pm standard error)

The total density of individuals per plot varied from 0.03 individuals/m² to 0.23 individuals/m². The density of adult individuals per plot did not exceed 0.15 individuals/m² and for the entire evaluated area the density of adults did not exceed 0.05 individuals/m². We estimated 333.8 adult individuals per hectare in the Muylaque quenoa forest.

3.2 Phenology

We observed floral buds (FI) of *P. rugulosa* from December to March, while the

individuals were more abundant in the vegetative stage (V) from July to September. The fruiting stage (Fr) predominated from February to April, and reached the peak in February (Figure 2). There were individuals that showed different phenological stages simultaneously

3.3 Anthropogenic factors affecting the plants

From the total registered plants ($n = 620$) the affected plants were only 1% ($n = 6$) across all the plots, the middle-affected plants were 12% ($n = 75$), and the unaffected, 87% ($n = 539$). These results show that the quenoa forest of Mulyaque has a low anthropogenic intervention.

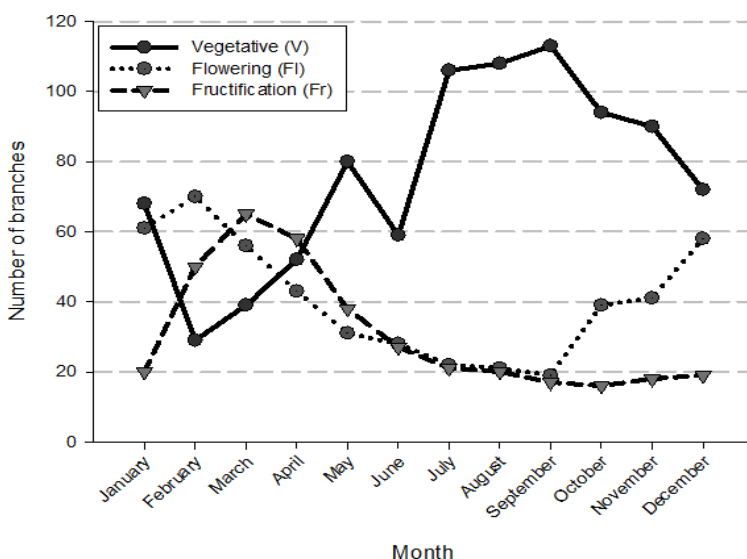


Figure 2. Phenology of sampled branches per month

3.4 Associated flor

72 species of plants associated to the quenoa forest were registered, distributed in 28 families. The richest families were Asteraceae (Asterales) and Poaceae (Poales) with 24 and six species respectively, followed by Cactaceae (Caryophyllales), Calceolariaceae (Lamiales) and Fabaceae (Fabales) with four species, respectively (Table 1). The most common associated plants to *P. rugulosa* were: *Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera, *Adesmia spinosissima* Meyen ex Vogel, *Bacharis tricuneata* (L.f.) Pers., *Gynoxys longistyla* (Greenm. & Cuatrec.) Cuatrec., *Senecio adenophylloides* Sch. Bip., *S. boliviensis* Sch. Bip., *S. neoviscosus* Cuatrec., *Festuca orthophylla* Pilg., *Poa annua* L., *Stipa obtusa* (Nees & Meyen) Hitchc., *S. rigidiseta* (Pilg.) Hitchc., *S. ichu* (Ruiz & Pav.) Kunth, *Bromus berterianus* Colla. Also, there are epiphytic and climbing plants (*Cantua candelilla* Brand, *Mutisia acuminata* Ruiz & Pavón, *Mutisia lanigera* Wedd).

4 | DISCUSSION

It is known that adult trees are used for several human activities (fuel wood, building, making tools for agriculture); protecting these trees, they would contribute to the generation of new individuals (seedlings). In this sense, it must be assumed that the Muylaque forest is in the process of regeneration, since more saplings were observed. Dendrochronological studies that could explain the size of the trees, maturity and the age of these forests were not performed in Moquegua. Argollo et al. (2004) mentioned that the maturity of *Polylepis tarapacana* Phil is reached between 73 and 90 years, and Tacna Regional Government (GORE Tacna 2015) established the maturity average age is 80 years in forests adjacent to Moquegua region. Performing dendrochronological studies would facilitate the diagnosis of the historical evolution of these forests, contributing to the integration in management and restoration plans.

Understanding the structure and composition of forests is the key to achieving an adequate management and restoration of these ecosystems, including the associated flora. There is still limited information about the factors that shaped the structure and the actual species composition of the quenoa forests, and how the species response to environmental stress, particularly in the early stages of development, which may be the key to understanding their dynamics and response to environmental changes (Toivonen et al. 2017; Mejía et al. 2018).

One of the fundamental bases of the sustainable management of *Polylepis* forests is the maintenance of natural regeneration, that is not the result solely of anthropogenic use since it can be strongly influenced by the interaction of the biotic and abiotic components of the forest ecosystem, such as geomorphological, temperature and rainfall factors (Kessler 2006; Rada et al. 2009; Leigue 2011; Mejía et al. 2018). The sustainable management requires that species regenerate naturally to maintain their populations and ensuring the future productivity of the forest (Bawa and Seidler 1998). The density of adult individuals of quenoa (*Polylepis reticulata* Hieron and *P. sericea* Wedd.) was studied in the north of Peru and was reported from 0.06 up to 0.21 individuals/m² (Castro and Flores 2015), higher than the current record in Moquegua (maximum of 0.15 individuals/m²) but within the registered density range. The number of individuals of *Polylepis* per hectare varies among species and locations across Los Andes. For example, the highest number of individuals/hectare was reported for *P. reticulata* (4095 individuals/hectare) and *P. tarapacana*, (from 400 to 1420 individuals/hectare) in Colombia and Tacna (Peru) respectively (Pacheco 2015; Morales-Araníbar et al. 2019). In northern Peru, *Polylepis weberbaueri* Pilger showed also a high density of individuals per area (698 individuals/hectare) (Cuya 2015). Likewise, studies showed a high variation in individuals/hectare for *P. rugulosa*, with densities ranging from 389 up to 2420 individuals/hectare in the forests of Arequipa and Tacna (Rodríguez 2018; Morales-Araníbar et al. 2019). The density of adults of quenoa differs between species

and between sites of evaluation. The natural regeneration, and consequently the density, is closely related to the biotic factors (including human exploitation) and abiotic factors that interact in the ecosystem (Leigue 2011). In that sense, the density of adults, saplings and seedlings will depend on the intrinsic and extrinsic conditions that interact in each forest. The results showed low values of individuals/hectare for *P. rugulosa* (334 individuals) suggesting that the quenoa forest of Mulayque may be recovering from past forest extraction and degradation.

The phenology stages are associated mainly to abiotic and intrinsic factors of the plants (Lobo et al. 2003; Domic et al. 2013; Carnwath and Nelson 2017; Basnett et al. 2019). Hensen (2011) mentions that the *Polylepis* species show phenological patterns similar to *Polylepis tomentella* Wedd., where the maturity of the fruits occurs at the end of the dry season until the middle of the wet season. *P. rugulosa* flourished mostly during the months of December, January and February, and fructified from February to early April. In San Cristobal City, the climatic station nearest to Muylaque forest registered January as the rainiest month during 2018, the remaining months had very scarce precipitation (SENAMHI, 2018; climatic data no available for 2016). According to the peak recorded for flowering and fruiting stages from January to April, it would be favored by higher rainfall in prior months. In that sense, the rainfall will affect flowers production, fruiting and subsequent seed production (Domic et al. 2013; Basnett et al. 2019). The synchronization of this process, would favor the recruitment and the viability of seedlings for natural regeneration.

In Muylaque, the plants affected by human activities were less notorious, the quenoa plants showed good external appearance. Although cows, lambs, donkeys, and other wild herbivorous that often feed on seedlings and saplings were observed, the evaluated plots showed minimal impact on seedlings and saplings by feeding or mechanical damage. With the introduction of domestic animals into forests, the grazing was intensified, being one of the causes of forest reduction and the increase of grass areas (Urrego et al. 2011; Valencia et al. 2016), mostly by reducing the capacity of survival of the seedlings and saplings. On the other hand, the physiography and topography of the land (little canyons, rocky areas, abrupt slopes) protect to plants against the wind, variation of temperatures, decreasing or increasing of soil moisture, fire or herbivores browsing (Kessler 2002; Rada et al. 2009; Renison et al. 2018).

Across time, the quenoa species has an economically value and all parts of the plant has been used. For instance, the wood is used in house construction, for making tools (e.g., shovels and peaks) and for furniture. But more importantly, the wood is used as fuel to heat the houses and for cooking. The leaves, roots and bark are also used and mainly to cure diseases and to dye wool. Currently, in Muylaque forest, there is an afforestation program (with eucalyptus, *Eucalyptus globulus* Labill. and molle, *Schinus molle* L.) promoted by regional authorities for decreasing the demand for quenoa wood.

This study recorded 72 plant species overcome the number of species registered in

previous studies on floristic diversity in quenoa forests from Peruvian Andes, for example: Mendoza (2000) recorded 43 species in four forests, INRENA (2006) recorded 48 species from five forests; Servat et al. (2002) recorded 144 species from four forests, and Trinidad and Cano (2016) registered 282 species from two forests. In general, the quenoa forests house a high floristic richness, containing several endemic and threatened species (Mendoza y León 2006). However, the number of species can be comparatively lower or higher depending on the sampled area, effort for sampling, and the extent of the forest. In Muylaque and other places, at certain times of the year, pastures are burned with the intention of improving soil fertility (Yallico 1992) affecting the endemic flora and fauna of quenoa forests (Kessler and Dreisch 1993).

5 | CONCLUSIONS

According to our results, the seedling stage is highest than adults and sapling stages. The density of adult individuals of *P. rugulosa* was lower than other species in the quenoa forests in Peru and Colombia. *P. rugulosa* produces floral buds during several months, mainly from December to February. The fruiting stage reaches the peak in March, and remaining months predominate the vegetative stage (from April to November). The affected plants by anthropogenic activities are low (13%). Additionally, the species of associated flora represent an intermediate richness comparatively to other quenoa forests.

CONFLICT OF INTEREST

All authors declare that there is no conflict of interest in this paper.

REFERENCES

1. Aquino W., Condo F., Romero J., Yllaconza R., La Torre M. (2018): Composición florística del distrito de Huarochirí, provincia de Huarochirí (Lima, Perú). *Arnaldoa*, 25(3):877-922. Doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25305>.
2. Argollo J., Soliz C., Villalba R. (2004): Potencialidad dendrocronológica de *Polylepis tarapacana* en los Andes Centrales de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 39(1):5-24. Available at: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282004000700002&lng=es.
3. Basnett S.; Nagaraju S.K., Ravikanth G., Devy S.M. (2019): Influence of phylogeny and abiotic factors varies across early and late reproductive phenology of Himalayan *Rhododendrons*. *Ecosphere*, 10(1):e02581. Doi: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2581>
4. Bawa K.S., Seidler R. (1998): Natural forest management and conservation of biodiversity in the tropics. *Conservation Biology*, 12(1):46–55. Doi: 10.1111/j.1523-1739.1998.96480.x
5. Carnwath G., Nelson C. (2017): Effects of biotic and abiotic factors on resistance versus resilience of Douglas fir to drought. *PLoS ONE*, 12(10): e0185604. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185604>

6. Castro A., Flores M. (2015): Caracterización de un bosque de queñual (*Polylepis* spp.) ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi (Ancash, Perú). *Ecología Aplicada*, 14(1):1-9. Available at: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000100001&Ing=es.
7. Chancayauri C. (2008): Determinación de la representatividad biológica de la flora asociada al Bosque de *Polylepis rugulosa* Bitter "Quenoa" del Centro Poblado Menor de Muylaque-Moquegua, 2005-2006. [Graduated Thesis for Biologist], Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa-Perú. Available at <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9189>
8. Ciertjacks A., Salgado S., Wesche K., Hensen I. (2008): Post-fire population dynamics of two tree species in high-altitude *Polylepis* forests of Central Ecuador. *Biotropica*, 40(2):176–182. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00361.x>
9. Collahuasi. (2011): Quenoa: árbol de las alturas. 1ra edición. Gerencia de Medio Ambiente Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM Jack Stern y Cía. Ltda., 118. Available at <http://www.collahuasi.cl/wp-content/uploads/2016/07/quenoa-arbol-de-las-alturas.pdf> (in spanish).
10. Cuya M.V. (2015): Estructura y composición florística del bosque de *Polylepis* sp. "quinawiro" en Paríamarca alto, zona norte del distrito de Huancabamba-Piura. [Graduated Thesis for Biologist]. Universidad Nacional de Piura. 71. Available at <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/321/CIE-CUY-BUE-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Cuykens G.A.E., Renison D. (2018): Ecología y conservación de los bosques montanos de *Polylepis*: una introducción al número especial. *Ecología Austral*, 28(1):157-324. Doi: <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.766>
12. Delgado J., León Y. (2017): Musgos (Bryophyta) de bosques de *Polylepis sericea* (Rosaceae) del estado Mérida (Venezuela). *Boletín de la Sociedad Argentina Botánica*, 52(2):295-313. Doi: <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v52.n2.17445>
13. Domic A.I., Mamani E., Camilo G. (2013): Reproductive phenology of kewiña (*Polylepis tomentella*, Rosaceae) in the semi-humid puna of Chuquisaca (Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 48(1):31-45. Available at: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282013000100004&Ing=es.
14. Domic A.I., Palabral-Aguilera A.N., Gómez M.I., Hurtado R., Ortuño N., Liberman M. (2017): *Polylepis incarum* (Rosaceae) una especie En Peligro Crítico en Bolivia: Propuesta de reclasificación en base al área de ocupación y estructura poblacional. *Ecología en Bolivia*, 52(2):116-131. Available at http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282017000200006&Ing=es.
15. GORE Moquegua – Moquegua Regional Government. (2015): Estrategia Regional de Diversidad Biológica 2014-2021. E. Gutierrez Tito (Ed.), 169. Available at: <https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/pe-sbsap-moquegua-es.pdf>
16. GORE Tacna – Tacna Regional Government. (2015): Indicadores Ambientales de la Región Tacna. Proyecto: "Mejoramiento del Servicio de Monitoreo e Información Ambiental de la gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del GRT", Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, 32. Available at: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/ffd/492>
17. Gutiérrez-Salazar JA, García-Mendoza A. (1999): Propuesta de una técnica para herborizar plantas de la familia Crassulaceae. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 65:107-110. Doi: 10.17129/botsci.1601

18. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologica Electronica*, 4(1):1-9. Available at: <https://folk.uio.no/ohammer/past/>
19. Hensen I., Teich I., Hirsch H., von Wehrden H., Renison D. (2011): Range-wide genetic structure and diversity of the endemic tree line species *Polylepis australis* (Rosaceae) in Argentina. *American Journal of Botany*, 98(11):1825–1833. Doi: 10.3732/ajb.1000100
20. Hensen, I., Cierjacks A., Hirsch H., Kessler M., Romoleroux K., Renison D., Wesche K. (2012): Historic and recent fragmentation coupled with altitude affect the genetic population structure of one of the world's highest tropical tree line species: Genetic structure of *Polylepis incana*. *Global Ecology and Biogeography*, 21:455-464. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00691.x>.
21. Holdridge L.R. (1967): *Life Zone Ecology (Revised Edition)*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center, 149. (in english).
22. INRENA – National Institute for Natural Resources. (2006): *Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cocha: Plan Maestro 2006-2011*. Lima: Impresos & Diseños S.A.C., 263. (in spanish).
23. Kessler M. (1995): The genus *Polylepis* (Rosaceae) in Bolivia. *Candollea*, 50:131-171.
24. Kessler M. (2002): The “*Polylepis* problem”: where do we stand. *Ecotropica*, 8:97-110.
25. Kessler M. (2006): Bosque de *Polylepis*. P. 110-120. In: Baslev M, editor. *La Paz: Botánica Económica de Los Andes Centrales*. (in spanish).
26. Kessler M., Dreisch P. (1993): Causas e historia de la destrucción de bosques altoandinos en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 21:1-18. Available at: <https://ecologiaenbolivia.com/documents/KesslerDriesch21.pdf>
27. Leigue J.W. (2011): Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. *Acta Amazonica*, 41(1):135-142. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000100016>
28. Lobo J.A., Quesada M., Stoner K.E., Fuchs E.J., Herrerias-Diego Y., Rojas J., Saborio G. (2003): Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany*, 90(7):1054–1063. Available at <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Lobo-et-al-20031.pdf>
29. Mendoza W. (2000): Diversidad de flora vascular asociada a los bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en tres segmentos de la cordillera de los Andes del Perú. [Graduated Thesis for Biologist]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco. 110.
30. Mendoza W., León B. (2006). Rosaceae Endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13 (2): 583s-85. Available at <https://doi.org/10.15381/rpb.v13i2.1909>.
31. Mejía D., Tonón M., Abad L. (2018): Distribución potencial del género *Polylepis* en la Cuenca del río Paute bajo un escenario de cambio climático. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 19:21-37. Available at: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/2215/1505>

32. Montesinos-Tubée D.B., Pinto A.C., Beltrán D.F., Galiano W. (2015): Vegetación de un bosque de *Polylepis incarum* (Rosaceae) en el distrito de Lampa, Puno, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 22(1):87– 96. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i1.11125>
33. Morales-Aranibar L.F. (2015): Estado actual del bosque de *Polylepis* y su eficiencia en la captura de CO₂ en la provincia Tarata, departamento de Tacna. *Revista Ciencia & Desarrollo*, 19:36-43. Available at: http://www.unjbg.edu.pe/ugpc/pdf/20151112_Ciencia_y_Desarrollo_19.pdf
34. Morales-Aranibar L.F., Rojas de la Puente E.E., Costa J.F. (2019): Ecology of *Polylepis* spp forests, and proposal for its conservation in the Andean region of Tacna, Peru. In: *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference*, Rezekne, June 20-22, 2019: 180- 186. Doi: <http://dx.doi.org/10.17770/etr2019vol1.4105>
35. Navarro G., Molina J.A., de la Parra N. (2005): Classification of the high – Andean *Polylepis* forest in Bolivia. *Plant Ecology*, 176(1):113-130. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11258-004-0025-1>
36. Pacheco K.A. (2015): Estructura de los rodales de *Polylepis reticulata* del Parque Nacional El Cajas: Estado actual para proyección futura en el marco del Cambio Climático. [Environment Engineer Thesis]. Universidad de Cuenca, Cuenca, 143. Available at: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21228/1/TESIS.pdf>
37. Patterson W.A. (2004): *Polylepis besserii* Hieron. Part. II: Species Descriptions, 646-648.
38. Peng S., Lachmuth S., Gallegos S.C., Kessler M., Ramsay P.M., Renison D., Suárez R., Hensen I. (2015): Pleistocene climatic oscillations rather than recent human disturbance influence genetic diversity in one of the world's highest treeline species. *American Journal of Botany*, 102:1676-1684. Doi: 10.3732/ajb.1500131
39. Poca M., Cingolani A.M., Gurvich D.E., Whitworth-Hulse J.I., Saur Palmieri V. (2018): La degradación de los bosques de altura del centro de Argentina reduce su capacidad de almacenamiento de agua. *Ecología Austral*, 28:235-248. Doi: <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.497>
40. Rada F., García C., Rangel S. (2009): Low temperature resistance in saplings and ramets of *Polylepis sericea* in the Venezuelan Andes. *Acta Oecologica*, 35: 610-613. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.05.009>
41. Renison D., Hensen I., Cingolani A. (2004): Anthropogenic soil degradation affects seed viability in *Polylepis australis* mountain forest of central Argentina. *Forest Ecology Management*, 96:327-333. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.03.025>
42. Renison D., Morales L., Cuyckens G., Sevillano C., Cabrera D. (2018): Ecología y conservación de los bosques y arbustales de *Polylepis*: ¿qué sabemos y qué ignoramos? *Ecología Austral*, 28:163-174. Available at: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v028_n01bis_p163.pdf
43. Rodríguez D.D. Estructura y distribución espacial de *Polylepis rugulosa* Bitter “Queñua” en el bosque de Huachuy (Toro), Reserva paisajística Sub-cuenca del Cotahuasi, Arequipa, 2017. [Graduated Thesis for Biologist]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 87. Available at: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6000/Biopidd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
44. Samata D., Cáceres D.P., Ordinola G., López E. (2019): Ampliación del rango de distribución de la cotinga cariblanca *Zaratornis stresemanni* (Aves: Cotingidae) en el sur del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 26(2): 259-264. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i2.15730>

45. SENAMHI – Hydrological and Meteorological National Service. (2018): Datos Hidrometeorológicos en Moquegua, Estación Calacoa (Convencional Meteorológica). Enero - Diciembre, 2018, digital file. Available at <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=moquegua&p=estaciones>
46. Segovia-Salcedo M., Domic A., Boza T.E., Kessler M. (2018): Situación taxonómica de las especies del género *Polylepis*. Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología Austral*, 28(01bis):188-201. Available at: http://hdl.handle.net/20.500.12110/ecologiaaustral_v028_n01bis_p188
47. Servat G., Mendoza W., Ochoa J.A. (2002): Flora y Fauna de Cuatro Bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en la Cordillera del Vilcanota (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada*, 1(1):25-35.
48. Sevillano-Ríos C.S., Lloyd H., Valdés-Velásquez A. (2011): Bird species richness diversity and abundance in *Polylepis* woodlands Huascarán Biosphere Reserve Peru. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 46:69-76. Doi: <https://doi.org/10.1080/01650521.2010.546567>
49. Sevillano-Ríos C.S., Rodewald A.D. (2017): Avian community structure and habitat use of *Polylepis* forests along an elevation gradient. *PeerJ*, 5:e3220. Doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.3220>
50. Sevillano-Ríos C.S., Rodewald A.D., Morales L.V. Ecología y conservación de las aves asociadas con *Polylepis*: ¿qué sabemos de esta comunidad cada vez más vulnerable? *Ecología Austral*, 28:216-228. Doi: <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.519>
51. Toivonen J.M., Gonzales-Inca C.A., Bader M.Y., Ruokolainen K., Kessler M. (2017): Elevational shifts in the topographic position of *Polylepis* forest stands in the Andes of Southern Peru. *Forests*, 9(1):1-7. Doi: <https://doi.org/10.3390/f9010007>
52. Trinidad H., Cano A. (2016): Composición florística de los bosques de *Polylepis* Yauyino y Chaqsi- Chaqsi, Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cochas, Lima. *Revista Peruana de Biología*, 23(3):271-286. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i3.12862>
53. Urrego D.H., Niccum B.A., La Drew C.F., Silman M.R., Bush M.B. (2011): Fire and drought as drivers of early Holocene tree line changes in the Peruvian Andes. *Journal of Quaternary Science*, 26:28-36. Doi: <https://doi.org/10.1002/jqs.1422>
54. Valencia B.G., Matthews-Bird F., Urrego D.H., Williams J.J., Gosling W.D., Bush M. (2016): Andean microrefugia: testing the Holocene to predict the Anthropocene. *New Phytologist*, 212:510-522. doi: 10.1111/nph.14042
55. Yallico E. (1992): Distribución de *Polylepis* en el Sur de Puno. Proyecto Árbol Andino. Puno: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - ONERN; 134.

SUPPLEMENTARY

Order	Family	Species
Polypodiales	Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragalis</i> (L.) Bernh.
Apiales	Apiaceae	<i>Azorella compacta</i> Phil. <i>Bowlesia lobata</i> Ruiz & Pav. <i>Aequatorium</i> sp. <i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera <i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers. <i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. <i>Baccharis tola</i> Phil. <i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers. <i>Chersodoma jodopapa</i> Phil. <i>Chuiraga rotundifolia</i> Wedd. <i>Erigeron pazensis</i> Sch.Bip.ex Rusby <i>Gamochaeta purpurea</i> (L.) Cabrera <i>Gynoxys longistyla</i> (Greenm. & Cuatrec.) Cuatrec. <i>Hieracium pilosela</i> L.
Asterales	Asteraceae	<i>Luciliocline longifolia</i> (Cuatrec. & Aristeg.) M. O. Dillon & Sagást. <i>Mutisia lanigera</i> Wedd. <i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & Pav. <i>Parastrephia lucida</i> (Meyen) Cabrera <i>Proustia berberidifolia</i> (Cabrera) Ferreyra <i>Raoulia rubra</i> Buchanan <i>Senecio adenophylloides</i> Sch. Bip. <i>Senecio boliviensis</i> Sch. Bip. <i>Senecio neoviscosus</i> Cuatrec. <i>Senecio nutans</i> Sch. Bip. <i>Stevia ovata</i> Willd. <i>Werneria</i> sp.
Brassicales	Brassicaceae	<i>Cremolobus chilensis</i> (Lag. ex DC.) DC. <i>Descurainia myriophylla</i> (Willd. ex DC.) R. E. Fr. <i>Corryocactus brevistylus</i> (K. Schum. ex Vaupel) Britton & Rose
	Cactaceae	<i>Cumulopuntia corotilla</i> (K.Schum. ex Vaupel) E. F.Anderson
Caryophyllales		<i>Opuntia ignescens</i> Vaupel <i>Opuntia soehrensii</i> (Britton & Rose) D. R. Hunt & Iliff <i>Drymaria ovata</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.
	Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum molle</i> Rusby

<i>Silene</i> sp.			
Cornales	Loasaceae	<i>Caiphora sepiaria</i> (Ruiz & Pav. ex G. Don) J. F. Macbr.	
Dipsacales	Caprifoliaceae	<i>Valeriana nivalis</i> Wedd.	
Ericales	Polemoniaceae	<i>Cantua candelilla</i> Brand	
		<i>Phlox gracilis</i> (Hook.) Greene	
Fabales	Fabaceae	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen ex Vogel	
		<i>Lupinus ballianus</i> CP Sm.	
		<i>Lupinus misticola</i> Ulbr.	
		<i>Lupinus</i> aff. <i>Toratensis</i>	
Gentianales	Rubiaceae	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	
		<i>Galium weberbaueri</i> K. Krause	
Geraniales	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	
Gnetales	Ephedraceae	<i>Ephedra rupestris</i> Benth.	
		Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i> L.
			<i>Calceolaria inamoena</i> Kraenzl
	Lamiales	Calceolariaceae	<i>Calceolaria lobata</i> Cav.
			<i>Calceolaria parvifolia</i> Wedd.
			<i>Calceolaria sclerophylla</i> Molau
	Orobanchaceae	<i>Barstia bartsioides</i> (Hook.) Edwin	
	Plantaginaceae	<i>Plantago linearis</i> Kunth	
Liliales	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea dulcis</i> (Tussac) Herb.	
Malvales	Malvaceae	<i>Fuertesimalva chilensis</i> (A. Braun & C.D. Bouché) Fryxell	
		<i>Nototriche turritela</i> A. W. Hill	
Myrtales	Onagraceae	<i>Oenothera elongata</i> Rusby	
		<i>Bromus berterianus</i> Colla	
		<i>Festuca ortophylla</i> Pilg.	
Poales	Poaceae	<i>Poa annua</i> L.	
		<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	
		<i>Stipa obtusa</i> (Nees & Meyen) Hitchc.	
		<i>Stipa rigidisetata</i> (Pilg.) Hitchc.	
Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Clematis millefoliata</i> Eichl.	
	Rhamnaceae	<i>Colletia spinosissima</i> J.F.Gmel.	
Rosales	Rosaceae	<i>Tetraglochin cristatum</i> (Britton) Rothm.	
	Urticaceae	<i>Urtica leptophylla</i> Kunth	
Santalales	Schoepfiaceae	<i>Quinchamalium procumbens</i> Ruiz & Pav.	
Saxifragales	Crassulaceae	<i>Crassula connata</i> (Ruiz & Pav.) A. Berger	
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum corymbosum</i> Jacq.	

Table 1. Associated flora of the quenoa forest at Muylaque

ESTUDO DO ESTRATO HERBÁCEO-SUBARBUSTIVO E BANCO DE PLÂNTULAS DE FRAGMENTO FLORESTAL, SOROCABA (SP), COMO SUBSÍDIO PARA PROJETO DE RESTAURAÇÃO

Data de aceite: 04/07/2022

Guilherme Mugnaini

Ciências Biológicas UNISO

Jaqueline Zanardo

Ciências Biológicas UNISO

V.P. Almeida

Bióloga PUCSP

RESUMO: A comunidade do sub-bosque de uma floresta é composta por indivíduos de diferentes hábitos, além do estrato herbáceo-subarbustivo há o banco de plântulas que é fundamental para a perpetuação das comunidades arbustivo-arbóreas, sendo representado em regiões tropicais por um elevado número de indivíduos, servindo como um banco genético de reserva, dos quais muitos não conseguirão atingir os estratos superiores. Junto com a chuva de sementes, essas duas estratégias evolutivas de regeneração natural estão muito presentes em florestas do Brasil. Embora seja considerada plântula somente o indivíduo de espécie arbórea, nessa pesquisa optamos por buscar, além das arbóreas, espécies que possuem outros hábitos como gramíneas, trepadeiras, orquídeas e espécies arbustivas, para melhor entender a fitossociologia presente no solo desse fragmento. Em 4 parcelas permanentes de 200m²/cada onde se tem identificadas todos os indivíduos adultos arbóreos, montou-se 10 subparcelas/cada de 0,25 m²/cada onde foram quantificadas todos os indivíduos jovens arbóreos como também os

de diferentes hábitos que compõem a cobertura do solo. Após identificação as espécies do sub-bosque foram comparadas com as espécies arbóreas da parcela determinando porcentual de indivíduos alóctones e autóctones. Foram determinados para cada subparcela: riqueza, abundância, densidade, frequência absoluta e relativa, hábitos de vida. Foram identificados 419 indivíduos, nos diferentes hábitos. Cada parcela apresentou uma porcentagem diferente de plântulas de arbóreas P1=24%, P2=34%, P3=57% e P5=4%. Nesta última o banco de plântulas menor do que nas outras parcelas é reflexo da presença de espécies volúveis e seu histórico de degradação.

PALAVRAS-CHAVE: Banco de plântulas. Regeneração Natural. Fragmento Florestal.

ABSTRACT: The understory community of a forest is composed of individuals with different habits, beyond the herbaceous-subshrub stratum, there is the seedling bank which is fundamental for the perpetuation of arboreal and shrub communities, being represented in tropical regions by a high number of individuals, acting as a backup gene bank, of which many will not reach superior stratum. Combined with seed rain, these two evolutionary strategies of natural regeneration are highly present in Brazil's forests. Although only arboreal species are considered seedlings, in this study we choose to examine, in addition to the arboreal ones, plants with other habits, such as grasses, climbers, and shrubs species, to better understand the fragment's phytosociology. In four plots of 200 m²/each where all adult arboreal individual is identified, we

put ten subplots in each plot, with 0,25 m²/each, where all individuals were quantified. After identification, species of the understory were compared with the arboreal one of the matching plots, determining the percentage of allochthonous and autochthonous individuals. In each subplot, we determined richness, abundance, density, absolute and relative frequency, and life habit. It was identified 419 individuals with different life habits. Each plot exhibits a different percentage of arboreal seedlings P1=24%, P2=34%, P3=57%, and P5=4%. In this last plot, the seedling bank being smaller is due to the presence of voluble species and a history of degradation.

KEYWORDS: Seedling bank. Natural regeneration. Forest Fragment.

INTRODUÇÃO

É de conhecimento notório que as florestas tropicais tem sofrido com a pressão antrópica, inicialmente pela exploração de madeira e posteriormente pela agropecuária. A fragmentação de paisagens e a degradação ambiental, é uma das consequências desta exploração acrescida pela expansão de áreas urbanas, o que tem gerado preocupação no que se refere ao uso dos recursos naturais (BARBOSA; MANTOVANI, 2000). Pesquisadores são unânimes em apontar as consequências com o empobrecimento dos ecossistemas, perda de populações e da variabilidade genética (BOSCOLO, 2007; GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005).

Com a preocupação crescente em restaurar áreas degradadas com diferentes técnicas de plantio, os fragmentos florestais foram marginalizados por muito tempo tanto no que se refere à pesquisa como pelas iniciativas conservacionistas. Entretanto, estudos demonstram que pequenos fragmentos podem conter uma alta diversidade biológica, dependendo do contexto no qual se encontrem (PARDINI et al., 2005; MARTENSEN et al., 2008). Ademais, pequenos fragmentos têm uma importante função de facilitação do deslocamento dos organismos pela paisagem, reduzindo o isolamento entre os fragmentos maiores (UEZU; BEYER; METZGER, 2008), visto que a redução do deslocamento e a perda de algumas espécies causadas pela fragmentação podem influenciar diversos processos ecológicos, como a polinização e a dispersão de sementes por agentes bióticos, resultando em alterações na comunidade vegetal (GHAZOUL, 2005).

A regeneração natural das espécies tropicais dá-se por meio de uma sequência de eventos inter-relacionados iniciado com a chuva de sementes, que se acumulam dormentes no solo formando o “banco de sementes” ou germinam estabelecendo um “banco de plântulas” que permanece latente no chão da floresta até que condições ambientais se alterem com a formação de clareiras pela queda natural de árvores ou pela ação antrópica (CALEGARI et al., 2013). A quantidade de emergência de plântulas é influenciada pela variação na produção de frutos e sementes produzidos em uma determinada época e que são dispersos pelos diferentes tipos de dispersão (SCCOTI et al., 2016). A forma com que cada espécie responde a diferentes fatores bióticos e abióticos determina o sucesso ou a

falha no estabelecimento de um conjunto de plântulas capazes de se desenvolver e atingir os próximos estágios do ciclo de vida (MELLO et al., 2004).

A influência das plântulas que emergem do solo é primordial para a estabilização de áreas perturbadas pois reduzem a erosão e a perda de nutrientes (UHL et al., 1981). Quando se avalia o papel dos indivíduos arbóreos adultos em um fragmento floresta devemos levar em consideração se o banco de plântulas de espécies arbóreas é formado por espécies autóctones ou alóctones. Quanto autóctones denota a importância do dossel da comunidade arbórea local como fonte de propágulos, além de fornecer condições abióticas adequadas para a germinação e o estabelecimento de novos indivíduos (ALVES e METZGER, 2006).

MAUÉS et al. (2011) salientam que compreender a dinâmica de uma floresta não basta apenas o entendimento da regeneração das espécies arbóreas, mas também é preciso conhecer a composição e estrutura do estrato inferior, incluindo as espécies herbáceas, arbustivas, lianas e epífitas, pois são indicadores fundamentais para determinar o potencial de regeneração de uma comunidade local por influenciar na composição e diversidade florística das próximas gerações. Logo, estudar o estrato regenerante torna-se importante para a preservação, conservação e recuperação das florestas após distúrbios (TURCHETTO, 2015).

Considerando a importância do sub-bosque para o ecossistema florestal, o presente estudo visou estudar o sub-bosque de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no município de Sorocaba para contribuir com a geração de referenciais que possibilitem a restauração de ambientes alterados.

MATERIAL E MÉTODOS

O remanescente florestal estudado situa-se na região oeste do Estado de São Paulo, em Sorocaba – SP nas coordenadas 23°29'55.59" S, 47°23'28.43" O e está inserido na UGRHI 10 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Este fragmento apresenta histórico de uso para a agropecuária e mineração de granito, com remanescentes florestais situados próximos às nascentes que ocorrem na região (Figura 1). Além disso, no local há várias nascentes que necessitam de proteção de matas ciliares uma vez que em toda a bacia hidrográfica dos rios Sorocaba e médio Tiete a cobertura vegetal nativa ocupa apenas 13,88% da área da UGRHI 10 (IPT, 2008). O clima da região onde se insere o fragmento é do tipo *Cwa*, caracterizado por Köppen como tropical de altitude, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual de Sorocaba é de 22,1°C com precipitação média anual de 1311,2mm (CEPAGRI, 2018). Do ponto de vista geomorfológico, situa-se na Depressão Periférica Paulista na Bacia Sedimentar do Paraná, (ROSS; MOROZ, 2011) com altitude média de 580m e relevo composto por colinas médias, morretes alongados paralelos, morretes alongados e espigões, com amplitudes inferiores a 100m (PONÇANO et

al., 1981). Os fragmentos onde foram montadas as parcelas possuem trilhas, estradas não pavimentadas e atividades agrícolas como fruticultura, silvicultura de exóticas e pastoreio (Tab. 1). Devido ao alto grau de antropização a parcela 4 foi removida das análises devido a predominância de espécies de pastagens (gramíneas exóticas) em relação a outros hábitos.

Parcela	Coordenadas	Serapilheira * (cm)	Descrição
1	23°29'59.2"S 47°23'15.6"W	3,7	Fragmento florestal próximo a edificação e antigo pomar abandonado.
2	23°30'00.0"S 47°23'14.2"W	6,7	Fragmento florestal com declive acentuado delimitado por trilha e antiga plantação de eucaliptos.
3	23°30'02.0"S 47°23'11.7"W	4,4	Fragmento florestal delimitado por trilha e pasto abandonado, clareiras com braquiária.
4	23°30'08.9"S 47°23'09.7"W	3,1	Fragmento florestal em regeneração próximo a matacões em pasto abandonado
5	23°29'53.4"S 47°23'08.8"W	4,9	Fragmento florestal em regeneração se desenvolvendo à sombra de eucaliptos.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das parcelas do levantamento fitossociológico e das médias d altura da serapilheira realizado nos fragmentos florestais em Sorocaba-S . Fonte: Zanardo e Almeida (2018).

Anterior a esta pesquisa um levantamento fitossociológico da área foi realizado em cinco parcelas permanentes de 10x20m (ZANARDO e ALMEIDA, 2018) obtendo-se dados de todos os indivíduos arbóreos com PAP (perímetro à altura do peito) ≥ 15 cm (Fig. 1). O que facilitou a identificação de indivíduos jovens de espécies arbóreas do sub-bosque nas subparcelas.



Figura 1. Localização das parcelas do levantamento fitossociológico realizado nos fragmentos florestais do NEAS.

Fonte: Zanardo e Almeida, 2018.

Amostragem do Sub-bosque

Ao longo de 12 meses, de agosto de 2019 a 2020, foram realizadas amostragens do sub-bosque de quatro Parcelas Permanentes. Em cada uma, com um quadro de madeira vasado, foram estabelecidas aleatoriamente 10 subparcelas de 0,25m², perfazendo uma área total de 2,5m² por parcela. Dentro de cada subparcela foram mensurados e contados todos os indivíduos com 5cm ≤ altura (h) ≤ 55cm (classificação de TURCHETTO, 2015 para plântulas) presentes e, posteriormente, classificados em relação ao hábito em arbóreo, arbustivo, herbáceo e volúvel segundo classificação de Raunkiaer (1834). Foi acrescentada a classificação “gramíneas” que apesar de não ser um hábito, este grupo é um importante indicador do estado de conservação de uma área, dependendo da espécie. Em campo os indivíduos foram inicialmente identificados como morfoespécies. Foi coletado um indivíduo de cada morfoespécie para herborização, usando metodologia proposta por Mori, et al. (1989). As exsiccatas produzidas foram depositadas no Herbário da Universidade de Sorocaba presente no Núcleo de Estudos Ambientais. O referido herbário possui material botânico de espécimes arbóreos do mesmo local onde foram montadas as subparcelas.

A identificação taxonômica foi realizada a partir de comparação com material de herbários e chaves dicotômicas no caso de volúveis, herbáceas e gramíneas. Após a identificação foram comparadas as espécies presentes nas subparcelas com os indivíduos arbóreos presentes na parcela já identificados anteriormente. A origem estimada de cada espécie do componente arbóreo e da regeneração natural, classificadas como potencialmente alóctone quando não constantes no levantamento florístico ou autóctone quando a espécie estava presente no levantamento florístico do componente arbóreo feitos

por Zanardo e Almeida, 2018.

Análise de dados - A suficiência amostral da regeneração natural foi verificada pela curva do coletor, apesar da controvérsia existente na literatura da eficiência desta metodologia (SCHILLINGI e BATISTA, 2008), consideramos que os dados obtidos neste estudo são fidedignos da situação do sub-bosque. Os cálculos de densidade, índice de diversidade de Shannon-Wiener e frequências, foram determinadas com o software Fitopac 2.1 (SHEPHERD, 1995). Em relação à origem da regeneração natural, foi calculada a porcentagem de espécies alóctones e autóctones.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 40 subparcelas estudadas foram coletados 419 indivíduos. A curva de acumulação de espécies estabilizou-se a partir da oitava subparcela, assim 10 subparcelas amostradas foram suficientes para amostrar boa parte das espécies existentes no sub-bosque do fragmento (Fig.2).

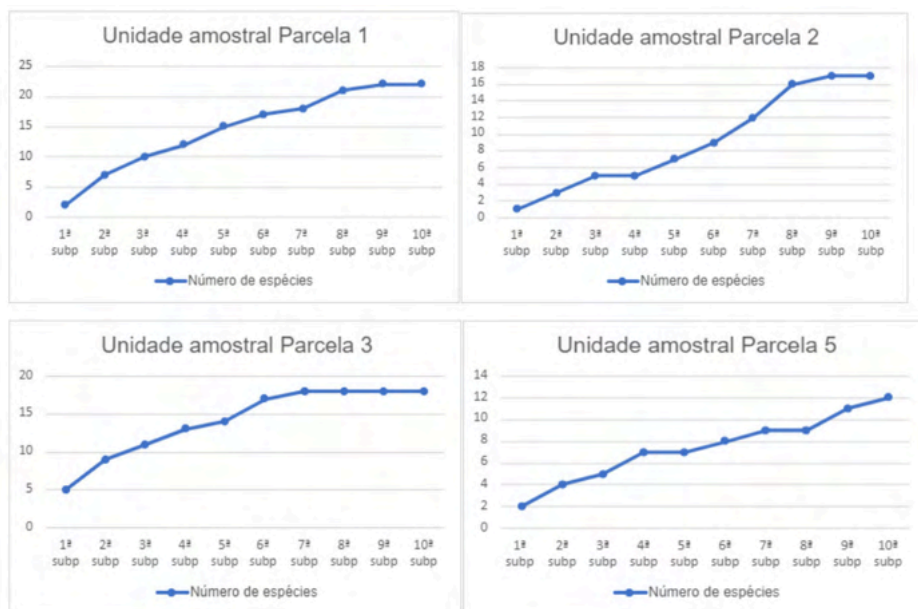


Figura 2. Curvas de acumulação por espécies para as parcelas amostradas em fragmento florestal de Floresta Estacional Semidecidual na região de Sorocaba-SP.

Dos 419 indivíduos estudados 95,70% foram identificados a nível de família (N=401), 4,29% dos indivíduos (N=18) permanecem como morfoespécies, por não apresentarem características que se assemelham a alguma espécie identificada na vegetação (Tab.3). Nas 28 morfoespécies identificadas a nível de gênero pelo menos 10 foram consideradas como

baixa preocupação de ameaça (LC), três com falta de dados (DD) e 15 não apareceram na lista, segundo a International Union for Conservation of Nature (IUCN). Enquanto nessas mesmas 28 espécies apenas uma (*Mangifera indica*) é exótica, duas (*Oeceoclades maculata* e *Psidium guajava*) são naturalizadas, outras 24 são nativas e uma não foi determinada. O banco de plântulas das espécies arbóreas é produto da chuva de sementes. Denomina-se o processo de dispersão local de autóctone, e alóctone a dispersão proveniente das sementes de outras localidades (MARTÍNEZ-RAMOS e SOTO-CASTRO, 1993).

Família	Espécie	Nome-popular	Hábito	Número da parcela	Número de subparcelas	Situação de ameaça	Ocorrência
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	ar	1	1	DD	ex
Asteraceae	<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd.	Erva-de-cobra	vol	1;3	2		n
Asteraceae	<i>Moquiastrium polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	Cambará	ar	5	1	LC	n
Bignoniaceae	<i>Pyrostegia vesnuta</i> Miers	Flor-de-São-João	vol	1;2	4		n
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.)	Louro-pardo	ar	1;2;3	25	LC	n
Boraginaceae	<i>Heliotropium</i> sp. L.		ar	5	3		
Canabaceae	<i>Celtis fluminensis</i> Caraut	Grão-de-galo	ar	2;3	2	DD	n
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Sapuvá	ar	3;5	11	LC	n
Malpighiaceae	<i>Heteropteris intermedia</i> (A.Juss.) Griseb.		vol	5	4	NE	
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba-preta	ar	5	1	LC	n
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	ar	3	1	DD	n
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	ar	3	2	LC	nl
Myrtaceae	sp2		nd	1	2		
Myrtaceae	sp4		nd	1; 3	3		
Orquidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> Lindl.	Orquídea	herb	1;2;3;5	7	LC	nl
Passifloraceae	<i>Passiflora capissularis</i> L.	Maracujá-silvestre	vol	1;5	5		n
Passifloraceae	<i>Passiflora misera</i> Kunt	Maracujzinho	vol	1;2	2		n
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Falso-jaborandi	ar	1;3	3	LC	n
Piperaceae	<i>Piper umbellatum</i> L.	Caapeba	ar	1;2;3	6		n
Poaceae	<i>Oplismenus hirtellus</i> P. Beauv.	gramínea	gr	1;2;3;5	20		n
Poaceae	sp1		nd	1	1		

Primulaceae	<i>Myrsine coriaceae</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Capororóca	ar	1	1		n
Pteridaceae	<i>Doryopteris</i> sp. J.Sm.	Samambaia	herb	3	1		n
Rhamnaceae	<i>Scutia</i> sp. (Comm. ex DC.) Brongn.		ar	5	2		n
Rubiaceae	<i>Palicourea marcgravii</i> A.St.-Hill	Cafézinho	ar	1;3	4		n
Rutaceae	<i>Zanthoxylum subserratum</i> Engl.	Mamica-de-cadela	ar	5	1		n
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Guaçatonga	ar	1	1	LC	n
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Chal-Chal	ar	1	1	LC	n
Sapindaceae	<i>Cardiospermum grandiflorum</i> Sw.	Cipó-timbó-miúdo	vol	1;2	6		n
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Arco-de-peneira	ar	1;2;5	8	LC	n

Tab.3 Tabela das espécies identificadas encontrados no Banco de Plântulas das quatro Parcelas Permanentes (1, 2, 3 e 5) em um Fragmento Mata de Floresta Estacional Semidecidual presente no NEAS (UNISO). Hábito (ar=arbóreo; arb=arbusivo; herb=herbáceo; vol=volúvel; gr=gramínea). Situação de Ameaça (LC= Baixa preocupação; DD= Falta de informação) Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em 24 de set, de 2020. Ocorrência (ex=exótica; n=nativa; nl= naturalizada).

Comparando com o trabalho de fitossociologia na área, (ZANARDO e ALMEIDA, 2018) onde foram identificadas as espécies arbóreas adultas nas mesmas parcelas permanentes de nosso estudo, observou-se que dentre as 13 espécies arbóreas no banco de plântulas, 5 são alóctones sendo elas (*Cupania vernalis*, *Eugenia uniflor*, *Mangifera indica* e *Zanthoxylum petiolare*), sendo que 46% (N=6) estão presentes tanto no banco de plântulas como nos indivíduos adultos das parcelas (Tab.4).

nome científico	Adulto*	plântula	nome científico	Adulto*	plântula
<i>Allophylus edulis</i>	+	+	<i>Machaerium acutifolium</i>	+	+
<i>Amaioua intermedia</i>	+	-	<i>Machaerium stipitatum</i>	+	-
<i>Casearia decandra</i>	+	-	<i>Mangifera indica</i>	-	+
<i>Casearia sylvestris</i>	+	+	<i>Matayba elaeagnoides</i>	+	-
<i>Celtis fluminensi</i>	+	+	<i>Monteverdia gonoclada</i>	+	-
<i>Cordia trichotoma</i>	+	+	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	+	+
<i>Croton floribundu</i>	+	-	<i>Myrsine coriaceae</i>	-	+
<i>Cupania vernalis</i>	-	+	<i>Neomitranthes glomerata</i>	+	-
<i>Curatella americana</i>	+	-	<i>Ocotea diospyrifolia</i>	+	-
<i>Diospyros inconstans</i>	+	-	<i>Psidium guajava</i>	-	+
<i>Eucalyptus</i> sp.	+	-	<i>Trema micrantha</i>	+	-
<i>Eugenia uniflor</i>	-	+	<i>Trichilia pallens</i>	+	-
<i>Guarea guidonia</i>	+	-	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	+	-
<i>Guazuma ulmifolia</i>	+	+	<i>Zanthoxylum fagara</i>	+	-

<i>Lithraea molleoides</i>	+	-	<i>Zanthoxylum petiolare</i>	-	+
----------------------------	---	---	------------------------------	---	---

Tabela 4. Tabela das espécies arbóreas identificadas quatro Parcelas Permanentes (1, 2, 3 e 5) presentes como plântulas e indivíduos adultos, em um Fragmento Mata de Floresta Estacional Semidecidual Sorocaba (SP). * Fonte: Zanardo e Almeida, 2018.

A abundância das plântulas de espécies arbóreas de *Cordia trichotoma* (N=26); *Cupania vernalis* (N=8); *Machaerium acutifolium* (N=20). Calculando a Densidade Relativa destas espécies encontramos para *C. trichotoma*, a mais abundante, P1 = 6,5%; P2=12,5% e P3= 10,9%. Entretanto o número de indivíduos de plântulas de hábito arbóreo foi baixo (P1= 24% [N=60]; P2= 34% [N=11]; P3= 57% [N=30]; P5=4% [N=4]) o que pode indicar uma limitação, na polinização, na chuva de sementes ou no estabelecimento destas plântulas. Segundo Jordano et al. (2004) independentemente do número de sementes que chegam a uma área, fatores como predação pós-dispersão, competição entre plântulas, ação de patógenos, temperatura elevada, sombra excessiva, granulometria do substrato, presença de serapilheira ou disponibilidade de água limitam o estabelecimento de novos indivíduos.

Ao identificar as morfoespécies coletadas observamos, na Parcela 1, que as poáceas apresentaram um grande número de indivíduos quando comparadas com outras famílias. Esta parcela é dominada por *Piper* e *Mikania*. Na Parcela 2 a família Sapindaceae é a que possui maior número de indivíduos. A terceira parcela é caracterizada pela grande presença de uma Fabaceae (*Machaerium acutifolium*), uma espécie com dispersão anemocórica e pioneira. Nestas três parcelas plântulas de *Cordia trichotoma*, mais conhecida como louro-pardo, foram observadas, uma espécie com dispersão anemocórica de categoria sucessional secundária inicial (Fig 3). A maior abundância encontrada foi para *Oplismenus sp* (Poaceae), uma gramínea de pequeno porte encontrada em todas as parcelas (N=233), principalmente nas parcelas 1 e 5. Apesar disso, ela não exerce uma competição por luz como ocorre com muitas espécies exóticas de gramíneas.

Foram encontrados 243 indivíduos na Parcela 1. Nas 10 subparcelas da parcela foi encontrada uma média de 24,3 indivíduos por subparcela de 0,25m², o que corresponde a uma estimativa de 19.440 indivíduos de pequeno porte no sub-bosque/200m² na Parcela 1. Desses 243 indivíduos 166 são gramíneas, 25 de hábito volúvel, sete de hábito herbáceo, 16 de hábito arbustivo, 23 de hábito arbóreo e seis de hábito não determinado. Na Parcela 2 foram observados 32 indivíduos, o que corresponde a uma estimativa de 2.560 indivíduos de pequeno porte no sub-bosque/200m². Desses 32 indivíduos, 12 tem hábito arbóreo. Na Parcela 3 foram observados 55 indivíduos, o que corresponde a uma estimativa de 4.400 indivíduos de pequeno porte no sub-bosque/200m². Desses 55 indivíduos, 34 tem hábito arbóreo. Na parcela 5 foram observados 89 indivíduos, o que corresponde a uma estimativa de 7.120 indivíduos de pequeno porte no sub-bosque/200m². Desses 89 indivíduos 61 são gramíneas, 13 de hábito volúvel, e apenas, cinco de habito arbóreo (Fig.3).

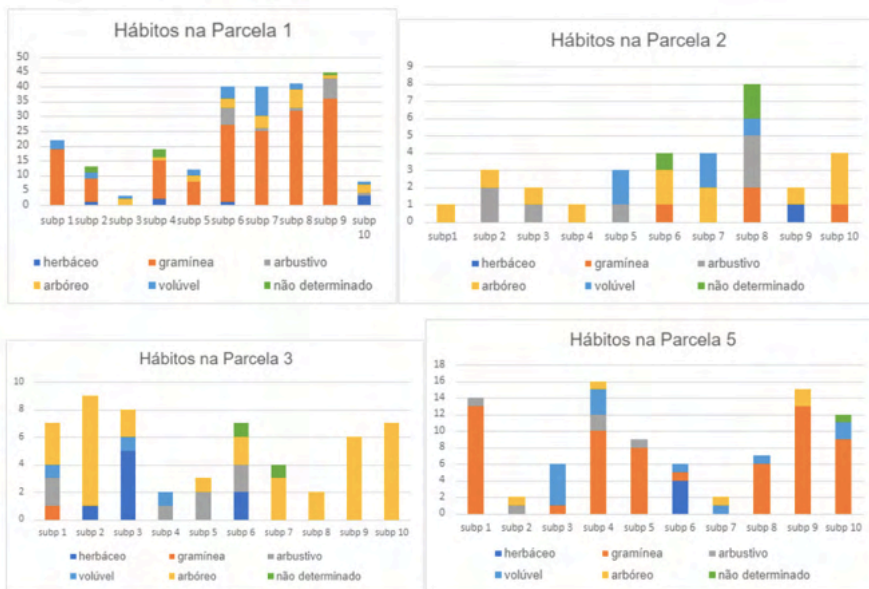


Figura 3. Número de indivíduos por hábito encontrados no Banco de Plântulas das quatro Parcelas Permanentes em um Fragmento Mata de Floresta Estacional Semidecidual presente no NEAS (UNISO).

Dentro das volúveis podemos destacar as lianas que são consideradas componentes naturais de comunidades florestais e sua abundância nos trópicos parece ser resultado de um longo processo evolutivo. Entretanto, a presença de lianas em fragmentos tão pequenos como este podem ser um problema para que mantenham sua capacidade de resiliência. Putz (1984) estudando árvores infestadas por lianas no Panamá, verificou que durante sua queda ela carrega uma série de outras árvores devido a amarração que as lianas fazem em suas copas.

Analisando os dados obtidos pelo programa Fitopac, o índice de Shannon (0,32) que indica a probabilidade de que os indivíduos nas parcelas sejam sorteados, a chance de ser a mesma é baixa, o que mostra como as parcelas possuem uma composição diferente, mesmo estando tão próximas. As parcelas apresentam um histórico de degradação diferenciado o que reflete no seu banco de plântulas.

CONCLUSÃO

Devido ao histórico de degradação diferenciado nas parcelas, a baixa riqueza e densidade de plântulas de espécies arbóreas são fatores que indicam a fragilidade deste ecossistema em caso de impactos negativos, visto que não há próximo ao local de estudo nenhum fragmento preservado que possa ofertar propágulos. Acrescido ao problema da presença de espécies volúveis, estas áreas não conseguirão se sustentar em caso

de queimadas acidentais ou com a queda natural de árvores, ampliando as clareiras já existentes. Há informações neste trabalho que sustentam a necessidade de enriquecimento e monitoramento nas parcelas permanentes. Já é possível observar em quais parcelas há regeneração com plântulas de indivíduos arbóreos e quais parcelas necessitam de um manejo com enriquecimento de espécies arbóreas pois apresentam clareiras onde se desenvolvem plantas volúveis e gramíneas (P1 e P5).

REFERÊNCIAS

ALVES, L.F.; METZGER, J.P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserv Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotrop.** 6(2): 2006.

BARBOSA, L. M.; MANTOVANI, W. **Degradação Ambiental:** conceituação e bases para o repovoamento vegetal. Recuperação de áreas degradadas da serra do mar e formações florestais litorâneas, p. 33-40, 2000.

BOSCOLO, D. **Influência da estrutura da paisagem sobre a persistência de três espécies de aves em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica.** 2007. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

CALEGARI, L. et al. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal e Carandaí, MG. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 871-880, 2013.

CEPAGRI. Clima dos Municípios Paulistas (2018). Disponível em: <https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_584.html>. Acesso em: 03 jul. 2018.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, G. Estado dos Hotspots: a dinâmica da perda da biodiversidade. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, G. (Ed.) **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas.** Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional, 2005. cap. 2, p. 12-26.

GHAZOUL J. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. **Biol Rev Camb Philos Soc.** 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Relatório Técnico No 104.269-205 - 103/328, pág.129, 1988.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities,** M. FENNER (Ed.), Commonwealth Agricultural Bureau International, Wallingford, England, 1992. p. 105-156.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. W. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. **Biological Conservation,** Amsterdam, Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo, v. 141, n. 9, 2008.

MARTÍNEZ-RAMOS, M.; SOTO-CASTRO, A. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetation*, Berlin, v. 107/108, p. 299-318, 1993.

MAUÉS, B. A. R.; JARDIM, M. A. G.; BATISTA, F. DE J.; MEDEIROS, T. D. S.; QUARESMA, A. C. Composição florística e estrutura do estrato inferior da floresta de várzea na área de proteção ambiental Ilha do Combu, município de Belém, estado do Pará. **Revista Árvore,** Viçosa-MG, v.35, n.3, Edição Especial, p.669-677, 2011

MORI, L.A.; SILVA, L.A.M.; LISBOA, G.; CORADIN, L. 1989. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Ilhéus, Centro de Pesquisa do Cacau. 104p.

PARDINI, R.; SOUZA, S. M. de; BRAGA-NETO, R.; METZGER, J.-P. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic Forest landscape. *Biological Conservation*, Amsterdam, Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo, v. 124, n. 2, p. 253-266, 2005.

PONÇANO, W. L. et al. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. 1:1.000.000. São Paulo: IPT, 1981.

PUTZ, F.E. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*, v. 65, p. 1713-1724, 1984.

RAUNKIAER, C., *The life forms of plants and statistical geography*. Clarendon, Oxford, 632p, 1934.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. (2011). Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, 10, 41-58.

SCCOTI, M. S. V.; ARAUJO, M. M.; TONETTO, T. DA S.; LONGHI, S. J. (2016). Dinâmica da chuva de sementes em remanescente de Floresta Estacional Subtropical. **Ciência Florestal**, 26(4).

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Brazilian Journal of Botany** [online]. 2008, v. 31, n. 1, pp. 179-187.

SHEPHERD, G. J. 1995. *Fitopac Shell 2. Version 2.1*. Campinas: Departamento de Botânica, UNICAMP.

TURCHETTO, F. **“Potencial do banco de plântulas como estratégia para restauração florestal no extremo sul do bioma mata atlântica”**. Dissertação de Mestrado. Univ Fed. De Santa Maria, Engenharia Florestal, 2015.

UEZU, A.; BEYER, D.D. & METZGER, J.P. 2008. Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic Forest region? *Biodiversity and Conservation*, 17(8): 1907-1922.

UHL, C., CLARK, K. & MURPHY, P. 1981. Early Plant Sucession After Cutting and Burning in the Upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 69: 631-649.

ZANARDO, J; ALMEIDA, V.P. “Composição florística como suporte para plano de manejo e conservação de fragmentos florestais no núcleo de estudos ambientais - Universidade de Sorocaba (SP)”. Relatório Final de Iniciação Científica (PROVIC), 2018

SOBRE EL ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico en Química del Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Licenciado en Química de la Universidad Federal de Uberlândia (2010), Licenciado en Química de la Universidad de Uberaba (2011), en Ciencias Biológicas (2021) y en Física (2022) de la Facultad Única. Especialista en Metodología de la Enseñanza de la Química y Enseñanza de la Enseñanza Superior en la Faculdade JK Serrana de Brasília (2012). Especialista en Enseñanza de Ciencias y Matemáticas por el Instituto Federal del Triângulo Mineiro (2021). Maestría (2015) y Doctorado (2018) y pasantía posdoctoral en química (2020-2022) en la Universidad Federal de Uberlândia (UFU). Actualmente, viene trabajando en las siguientes líneas de investigación: (i) desarrollo de nuevas metodologías para el tratamiento y recuperación de residuos químicos generados en laboratorios de instituciones de enseñanza e investigación; (ii) estudios para monitorear Contaminantes de Preocupación Emergente (CPE); (iii) desarrollo de nuevas tecnologías avanzadas para la remoción de CPE en diferentes matrices acuáticas; (iv) aplicación de procesos oxidativos avanzados ($H_2O_2/UV-C$, $TiO_2/UV-A$ y foto-Fenton, entre otros) para la eliminación de CPE en efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para su reutilización; (v) estudio y desarrollo de nuevos bioadsorbentes para la remediación ambiental de CIE en diferentes matrices acuáticas; (vi) educación ambiental y (vii) procesos de alfabetización y alfabetización científica en la enseñanza de las ciencias, la química y la biología

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abióticos 60
Ação antrópica 60
Agentes bióticos 60
Água potável 17
Anthropogenic influence 4
Aprovechamiento energético 24, 25, 27, 32, 33, 34, 35
Autóctones 59, 61, 64

B

Banco de plântulas 59, 60, 61, 65, 66, 68, 70

C

Coagulants 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44
Coleta de lixo 17
CONAMA Resolution 430/2011 40
Contaminación 24

D

Degradação ambiental 60, 69
Distilled water 38, 39
Dwelling 1, 2, 5

E

Ecotechnics 1, 9, 10, 13
Educação ambiental 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22
Electroplating 37, 38, 41, 42, 43, 44
Environmental 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 37, 38, 43, 44, 45, 50
Estrato herbáceo-subarbusivo 59

F

Flocculation 37, 39, 44
Fragmento florestal 59, 61, 62, 6

G

Galvanoplastia 37, 38

H

Herbaceous 45, 59

I

Incineración 24, 25, 27, 33, 34, 35

Industrial process 38

J

Jar-test 39

L

Limpeza urbana 17

M

Magnetit 37

Mexico 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 54

Moringa oleifera 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44

N

Nanoparticulas magnéticas 37

Nanotechnologies 38

Natural resources 1, 2, 3, 9, 10, 13, 54

O

Organização Mundial de Saúde (OMS) 17

P

Plant growth 45

Poder Calórico Inferior (PCI) 31, 34

Poder Calórico Superior (PCS) 24, 27, 31, 33, 34, 35, 36

R

Rainwater 1, 9, 10, 13

Regeneração natural 59, 60, 63, 64

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 24, 25, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 36

S

Salud humana 24

Saneamento básico 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Sedimentation 37, 38, 39, 41, 42, 43

Sustainable development 2, 3, 4, 6, 9, 10, 15

T

Tanino 37

Tratamento de esgoto sanitário 17

V

Vegetative stage 45, 49, 52


W


Water 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 38, 39, 40, 44


A black and white photograph of a hand gently touching a mound of dark, rich soil. The hand is on the left side of the frame, with fingers slightly spread. The soil is on the right, showing its texture and depth. The background is a blurred continuation of the soil.


Medio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 


[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


A close-up photograph of a person's hand with light-colored skin and manicured nails, gently touching a vibrant green, textured mossy surface. The background is a dense, out-of-focus forest floor covered in similar moss.

Medio ambiente:

Preservação, saúde
y sobrevivência 2

www.arenaeditora.com.br 

contato@arenaeditora.com.br 

[@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora) 

www.facebook.com/arenaeditora.com.br 