

Análise da regeneração natural da vegetação nas áreas afectadas pela exploração mineira na Serra do Cristo-Rei, Lubango-Angola

Analysis of natural regeneration of vegetation in areas affected by mining activities in Serra do Cristo-Rei, Lubango-Angola

Análisis de la regeneración natural de la vegetación en las áreas afectadas por la explotación minera en la Serra do Cristo-Rei, Lubango-Angola

Francisco Maiato¹

Universidade Mandume Ya Ndemufayo, Angola
Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla, Angola
francisco.goncalves@isced-huila.edu.ao

Bernardino do Rosário Bambi²

Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla, Angola
bernardino.bambi@isced-huila.edu.ao

Henrique Jacinto Dunde³

Instituto Politécnico da Huíla, Angola
henriquedundejacinto@gmail.com

Resumo

A actividade mineira é fundamental para a economia angolana, representando cerca de 14% das exportações em 2024, mas gera impactos ambientais significativos, principalmente relacionados com o desmatamento. A província da Huíla concentra aproximadamente 96% da exploração de rochas ornamentais do país, resultando na redução das formações vegetais nativas devido às actividades antrópicas. Para mitigar esses efeitos, são necessárias técnicas de replantio e recuperação ambiental, conforme previsto na norma reguladora das actividades mineiras, que enfatiza a análise dos impactos sobre os meios físicos, bióticos e antrópicos, bem como a revegetação de áreas degradadas. Neste contexto, o estudo teve como objetivo analisar a regeneração da vegetação em áreas de exploração de rochas ornamentais na Serra do Cristo Rei, município do Lubango, província da Huíla. A avaliação baseou-se na avaliação dos índices de diversidade e riqueza florística, na estimativa da regeneração natural. Para maior robustez, foram calculados índices espectrais-índice composto de biomassa, índice de vegetação aprimorada e índice de vegetação ajustada ao solo, o que permitiu ter um panorama geral da cobertura vegetal da região. Os resultados indicaram baixa riqueza e diversidade de espécies, refletindo valores reduzidos de SAVI e altitude, com cobertura vegetal limitada e predominância de espécies pioneiras. No entanto, as parcelas 4, 8 e 9 apresentaram maior diversidade, associada às condições ambientais específicas desses locais. O estudo evidencia a necessidade de estratégias de gestão e restauração para promover a regeneração natural e reduzir os impactos da exploração

¹Doutor em Biologia pela Faculdade de Matemática, Informática e Ciências Naturais da Universidade de Hamburgo, Alemanha

²Mestre em Ecologia e Gestão de Recursos Naturais pelo Instituto Superior de Ciências da Educação da Huíla

³Licenciado em Engenharia de Minas pelo Instituto Politécnico da Huíla da Universidade Mandume Ya Ndemufayo

mineira na vegetação nativa da região.

Palavras-chave: actividade mineira, regeneração natural e índices de diversidade vegetal

Abstract

Mining activity is fundamental to the Angolan economy, accounting for approximately 14% of exports in 2024; however, it generates significant environmental impacts, particularly related to deforestation. Huíla Province concentrates around 96% of the country's ornamental stone extraction, resulting in the reduction of native vegetation formations due to anthropogenic activities. To mitigate these effects, replanting and environmental recovery techniques are required, as stipulated in the regulatory framework for mining activities, which emphasizes the assessment of impacts on physical, biotic, and anthropic environments, as well as the revegetation of degraded areas. In this context, the present study aimed to analyze vegetation regeneration in ornamental stone quarrying areas in Serra do Cristo Rei, Lubango municipality, Huíla Province. The assessment was based on the evaluation of floristic diversity and richness indices, estimation of natural regeneration. To ensure greater robustness, spectral indices were also calculated - namely, the Composite Biomass Index, Enhanced Vegetation Index (EVI), and Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) - which provided an overall perspective of the region's vegetation cover. The results indicated low species richness and diversity, reflected in reduced SAVI values and altitude, with limited vegetation cover and a predominance of pioneer species. However, plots 4, 8, and 9 exhibited higher diversity, associated with the specific environmental conditions of those sites. The study highlights the need for management and restoration strategies to foster natural regeneration and mitigate the impacts of mining activities on the region's native vegetation.

Keywords: mining activity, natural regeneration, and plant diversity indices

Resumen

La actividad minera es fundamental para la economía angoleña, representando alrededor del 14% de las exportaciones en 2024, pero genera impactos ambientales significativos, principalmente relacionados con la deforestación. La provincia de Huíla concentra aproximadamente el 96% de la explotación de rocas ornamentales del país, lo que resulta en la reducción de las formaciones vegetales nativas debido a las actividades antrópicas. Para mitigar estos efectos, se requieren técnicas de replantación y recuperación ambiental, conforme se establece en la normativa reguladora de las actividades mineras, que enfatiza el análisis de los impactos sobre los medios físicos, bióticos y antrópicos, así como la revegetación de áreas degradadas. En este contexto, el estudio tuvo como objetivo analizar la regeneración de la vegetación en áreas de explotación de rocas ornamentales en la Serra do Cristo Rei, municipio de Lubango, provincia de Huíla. La evaluación se basó en la valoración de los índices de diversidad y riqueza florística, en la estimación de la regeneración natural. Para mayor robustez, se calcularon índices espectrales: índice compuesto de biomasa, índice de vegetación mejorado e índice de vegetación ajustado al suelo, lo que permitió tener una visión general de la cobertura vegetal de la región. Los resultados indicaron baja riqueza y diversidad de especies, reflejando valores reducidos de SAVI y altitud, con cobertura vegetal limitada y predominio de especies pioneras. Sin embargo, las parcelas 4, 8 y 9 presentaron mayor diversidad, asociada a las condiciones ambientales específicas de esos lugares. El estudio evidencia la necesidad de estrategias de gestión

y restauración para promover la regeneración natural y reducir los impactos de la explotación minera en la vegetación nativa de la región.

Palabras-clave: actividad minera, regeneración natural y índices de diversidad vegetal

Introdução

A exploração mineira é uma das actividades mais antiga praticada pelo homem e consiste em um conjunto de actividades socioeconómicas, levadas a cabo para obter e aproveitar os recursos existentes no solo e subsolo (Maçal et al. 2007). Razão pela qual, é considerada como uma das actividades promotoras do desenvolvimento social e económico de uma região, contribuindo de forma decisiva, para o bem-estar e melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras (Guimarães, 2012).

A actividade mineira quase sempre acarreta impactos socioambientais e mesmo culturais negativos durante as fases de implantação, operação e fechamento. Contudo, tais impactos podem ser minimizados se a exploração for planeada e executada de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável (Villas Boas & Barreto, 2000). Por outro lado, a necessidade de consciencialização ambiental, motivada em grande parte pelos inúmeros desastres ambientais associados ao sector mineiro nas últimas décadas, tem incentivado governos, empresas exploradoras e demais entidades envolvidas a desenvolver estratégias e técnicas de exploração mais limpas, sustentadas por um enquadramento legal e institucional e alinhadas com os principais marcos das políticas ambientais nacionais e internacionais.

Na maior parte dos casos, uma vez terminada a fase de exploração, verifica-se a movimentação dos meios materiais e humanos para novas áreas de exploração, abandonando um passivo ambiental, a ser suportado em geral pela sociedade, danificando o uso posterior do solo, propiciando as ocupações humanas desordenadas, como também a utilização do local como depósito de resíduos sólidos aumentando ainda mais as consequências do abandono da mina (Santos, 2018).

Silva et al. (2021) afirmam que a ausência de um plano concreto de exploração, torna a actividade insustentável do ponto de vista ambiental, uma vez que a sua realização requer obrigatoriamente a retirada de toda a vegetação existente na área. Porém, nem sempre a reposição da vegetação retirada no início do processo é reposta no final. Uma situação que pode impactar directamente nos serviços ecossistémicos da região (Lei, Pan, & Lin, 2016).

A restauração florestal constitui assim, uma resposta à necessidade de devolver à terra a sua capacidade produtiva, mediante a recomposição de ecossistemas com espécies nativas, capazes de proporcionar uma diversidade de valores económicos e ecológicos (Grant & Koch, 2017). Esta restauração pode ocorrer naturalmente, por via da regeneração da vegetação, corresponde ao processo de sucessão natural que se estabelece no meio após a supressão total ou parcial da vegetação primária. Tal processo se configura num desafio significativo, sobretudo em áreas afetadas pela exploração mineira, em virtude da exigência de recriar a complexidade estrutural do terreno, a qual está directamente condicionada a variação na estrutura, composição e funcionamento do ecossistema (Macdonald et al., 2015).

A província da Huíla ocupa a primeira posição na exploração de rochas ornamentais em Angola, detendo cerca de 96% da produção nacional. Grande parte do material

explorado é exportado para mercado internacional sendo a China o principal destino (51%), seguida da Espanha (30%), Itália (7%), Polónia (5%), Portugal (3%) e por último o Vietname (1%) (HF/Angop, 2022).

Nos últimos anos, o sector registou um crescimento significativo na produção, passando de 47 000 m³ em 2017 para 70 000 m³ em 2021, o que representa um aumento de na ordem dos 82% (Chambassuco, 2023). Esse crescimento resultou, em grande medida, do surgimento de diversas empresas impulsionadas pela política de diversificação da economia, que procuram reduzir a dependência do país pelos setores petrolífero e diamantífero, os quais ainda representam a maior percentagem das exportações nacionais (MRMPG, 2023).

A exploração de inertes como acontece na área do Cristo-rei na cidade do Lubango, representa uma real ameaça a conservação e a preservação da vegetação, o que pode reduzir a qualidade de vida das populações locais. Importa lembrar que as modificações causadas ao meio muitas vezes acarretam consequências negativas para a litosfera, e a única forma de mitigar estas consequências, passa necessariamente pela adopção de métodos e mecanismos de gestão do território, de formas a que os recursos naturais e simultaneamente a preservação da natureza estejam garantidos (Abílio, 2017).

Estes mecanismos passam pelo conhecimento profundo das características do espaço, de modo que seja realizado um correcto planeamento das acções humanas, mediante o que o ambiente oferece. Assim, pretende-se com esta pesquisa, produzir informações que permitam identificar os principais tipos de rochas exploradas na área de estudo e sua finalidade, verificar nas áreas de exploração, o estado da regeneração natural da vegetação decorrente da exploração mineira.

Referencial teórico

A actividade de mineração é reconhecida como atividade impulsionadora do desenvolvimento, contribuindo de forma decisiva, para o bem estar e para a melhoria da qualidade de vida da presente e das futuras gerações (Guimarães, 2012). Entretanto, dela decorrem impactos sociais e ambientais negativos nas diferentes fases do projecto até a cessação da actividade.

De acordo com (Hartman, 2002), uma mineração sustentável apresenta várias etapas que incluem a fase do planeamento, da implantação, de operação e o fechamento - etapa em que não mais ocorre mais a extração do minério, devido à exaustão das reservas ou devido a inviabilidade técnico-econômica. Esperando-se que haja apenas a continuidade dos trabalhos de recuperação ambiental ou regeneração sobre o meio físico, biótico e abiótico das áreas de influência do empreendimento. Isto pode acontecer naturalmente ou pela acção e responsabilidade humana.

Estudos sobre a regeneração natural, revegetação, técnicas de recuperação e grupos taxonómicos mais nas áreas de exploração mineira são relativamente (Mendes et al. 2021; Navarro-Ramos et al. 2022). No que se refere à regeneração natural pós-perturbação em África, existem alguns estudos voltados sobretudo à recuperação das áreas pós-perturbação, devido a agricultura, a exploração de madeira e a produção de carvão (Jew et al. 2016; Gonçalves, et al. 2017; Lisboa et al. 2025). Mas, poucos estudos tem dedicado especial atenção a regeneração natural nas áreas sujeitas a exploração mineira (ex: Syampungani et al. 2015).

Para a província da Huíla, podemos destacar a proposta de um modelo técnico para exploração de inertes na área da Serra do Cristo-rei (Alfredo, 2019), bem como da proposta para reflorestação de uma área degradada pela mineração de rochas calcárias na pedreira da Empresa PROCAL no Município da Humpata (Mussungu, 2019).

Nos arredores da cidade do Lubango, tem-se verificado a exploração de inertes de forma insustentável há várias décadas, estas acções, permitiram ao Governo da Província da Huíla, definir como prioridade nas suas acções o combate a exploração de inertes nesta região em particular, por formas a preservar o equilíbrio ecológico (Abílio, 2017). Porém este equilíbrio está longe de acontecer a julgar pela crescente demanda, impulsionada pelo crescimento urbano, sem as devidas acções de planificação, regulamentação e ordenamento do território.

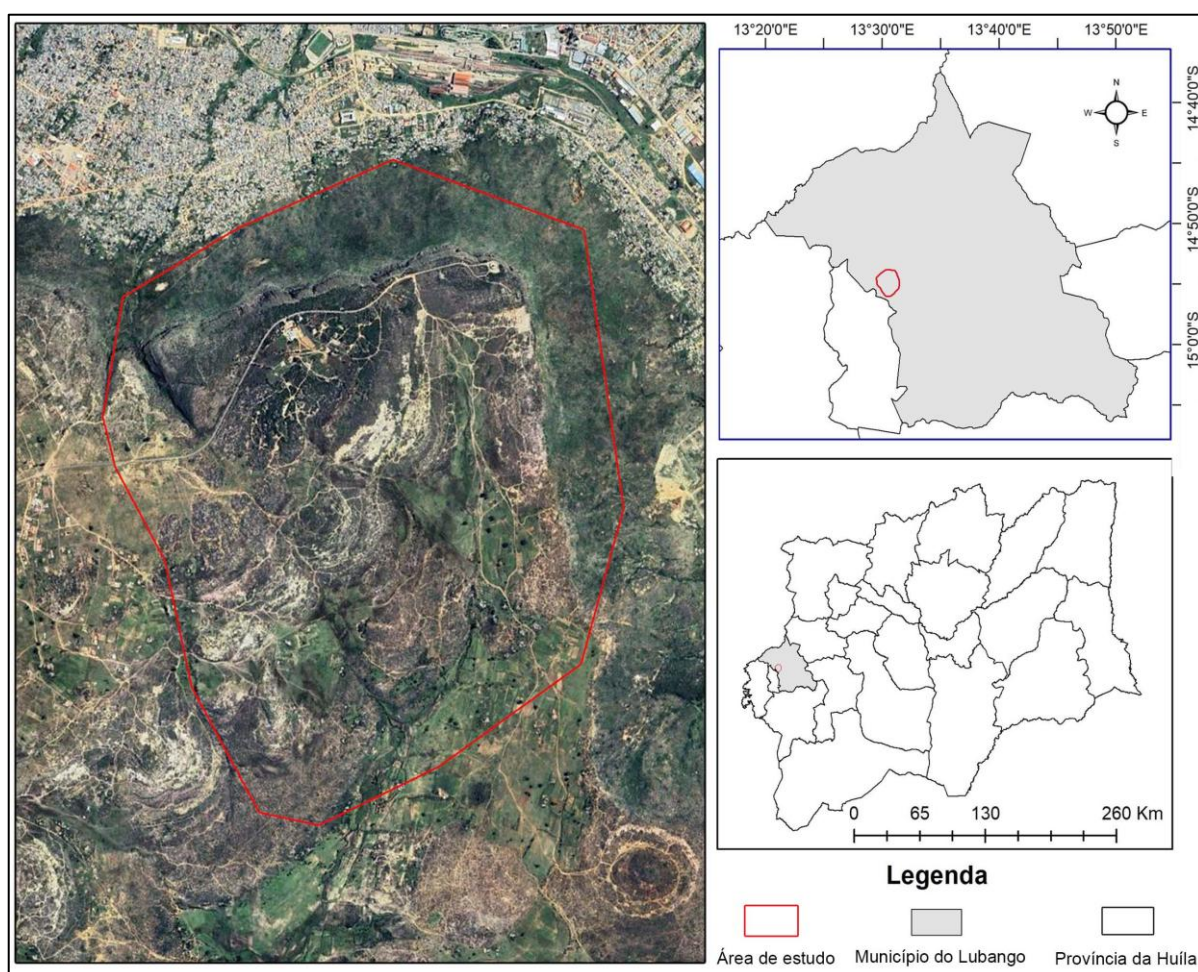
Materiais e Métodos

Caracterização da área de estudo

Lubango é o município sede da província da Huíla, o mais desenvolvido e também o mais populoso, com um total estimado de 876.339 habitantes (INE, 2014). Tem uma extensão territorial de 1 486 km². Está limitado a norte pelo município da Bibala (Namibe), a sul pelo município da Chibia, a este pelos municípios do Hoque e Capunda Caviungo e a Oeste pelos municípios da Palanca e Humpata.

A zona do Cristo-rei, dista cerca de 12 km do centro da cidade do Lubango. O seu acesso é feito a partir da estrada nacional EN 280 que liga o município do Lubango a província do Namibe. É uma zona onde está localizada a estátua do Cristo Rei “a mascote da cidade”, um monumento de cariz religioso erguido na cordilheira da Chela que oferece um panorama geral de toda cidade (DPCHDPHC, 2015).

Figura 1: Localização da área de estudo na zona do Cristo-Rei, com a área de exploração delimitada a vermelho



Fonte: Os autores

Clima

Estrategicamente posicionada e dispondo de um clima variado entre o tropical e o semiárido; verifica-se a existência de duas estações em toda a sua extensão: estação das chuvas, de Outubro a Abril, caracterizando-se por temperaturas médias entre 19° C e 21° C e precipitações entre os 600 mm e os 1200 mm; Estação seca (cacimbo), nos restantes meses do ano, com temperaturas médias oscilando entre os 15,5° C e os 19° C, acentuadas amplitudes térmicas diárias, ausência de pluviosidade e, consequentemente, humidade relativa do ar bastante baixa (Fio, 2016) sendo a agricultura, a pastorícia e a exploração mineira as principais fontes de subsistência das famílias.

Geologia

Enquanto objecto geológico, com valor patrimonial, representa um registo singular de episódios remotos da história da Terra, datados do Arcaico, materializados na expressão do registo estratigráfico do Grupo Chela, e apresenta no seu topo, o designado planalto da Humpata, a que corresponde uma estrutura em mesa, cujos contornos ocidentais são escarpas de grande altura. O planalto da Humpata, situado no sudoeste de Angola, entre os paralelos 14°30' S e 15°30' S e os meridianos 13°15' E e 13°45' E, constitui o sector mais central e elevado com cerca de 2230 m que se estende desde o Tchongoroi, Província de Benguela, ao norte, até Onconcuá, Província do Cunene, a sul (Silva, 2005). Do ponto de vista litológico, o bordo do planalto é maioritariamente constituído pelos quartzitos (Figura 4), onde se intercalam os calcários dolomíticos ambos de idade pan-africana. Segundo Chisingui, (2017) os quartzitos e rochas associadas, unidade petrográfica bem representada na Formação da Humpata constituída pela área do Cristo Rei, pertencente ao Grupo Chela, muito embora seja possível encontrar-se rochas quartzíticas noutras regiões. Na Humpata essa unidade assenta sobre rochas metamórficas antigas, do Arcaico, mas também sobre rochas magmáticas do Proterozóico, associados aos quartzitos estão os conglomerados, os grés quartzosos, argilitos e siltitos (Araújo, 1992).

Solos

O solo é um componente inerente ao ecossistema terrestre permitindo a absorção de água nos seus poros e constitui o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e regeneração. No entanto, no município do Lubango distinguem-se solos Ferralíticos, com ou sem laterite, formados em dois subconjuntos (solos fracamente ferralíticos amarelos ou alaranjados e solos fracamente ferralíticos vermelhos) e Psamíticos (Costa, et al., 1959). Assim sendo, na área em estudo os solos demonstram possuir evidentemente uma correlação com a rocha-mãe dependendo assim de factores climáticas bem como das distintas acções antrópicas levadas a cabo, como é o caso particular da exploração de inertes. Porém possuem uma maior representatividade os solos fracamente ferralíticos (vermelhos), principalmente em correspondência com os calcários dolomíticos e os doleritos, quando originário destas rochas, os solos de

texturas argilosas tomam uma coloração vermelha intensa e pardo avermelhado no caso dos doleritos e relativamente às rochas xistosas são quase sempre de coloração pardo-amarelado ou mesmo pardacenta (Diniz, 1973).

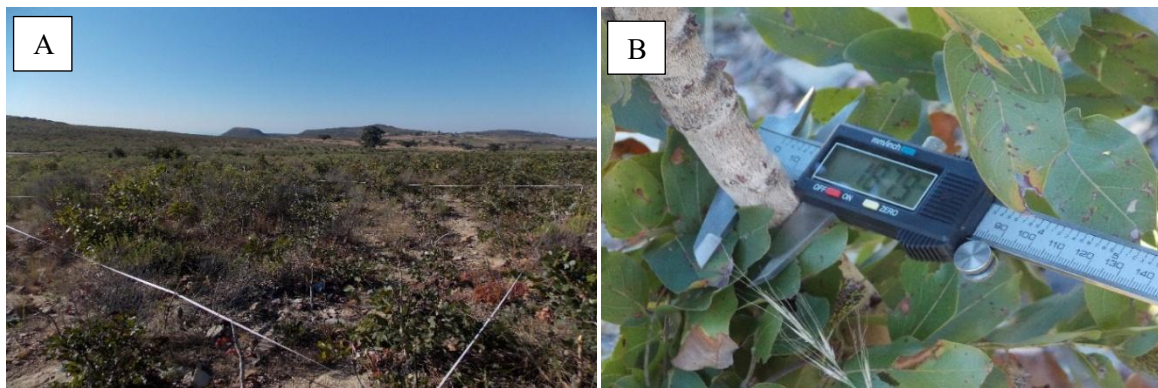
Vegetação

A região é ocupada por espécies arbórea-arbustiva que compõem a cortina de vento da cidade do Lubango. As formações vegetais locais, é essencialmente do tipo mMiombo, caracterizado pela dominância de espécies do género *Brachystegia spiciformis*, *Julbernardia globiflora paniculata*, e *Combretum collinum*, este tipo de vegetação local, está essencialmente associada pelas famílias de Combretaceae, e maioritariamente composta pela família de Fabaceae e outras espécies herbáceo-arbustivas todas elas descritas na Carta Fitogeográfica de Angola (Barbosa, 1970). Segundo (Diniz A. C., 2006) esta floresta é tida como floresta aberta ou “Mata de Panda” e está associada aos climas tropicais de alternância de estações chuvosas definidas, bem como estações secas prolongadas. Num entanto, este tipo de vegetação apresenta um elevado potencial de regeneração após perturbação que é favorecido por meio das raízes e restos de plantas que são deixadas no solo após o corte no acto da exploração de inertes e não só, por se constituírem uma zona com indicador de solos pobres, secos ou mal drenados, nos quais é geralmente dominante (Barbosa, 1970)

Colheita dos dados

A colheita dos dados de campo, fez-se recurso ao método de amostragem por parcelas de 100 m² (10 m × 10 m) (Figura 1), sendo um dos métodos mais utilizados para amostrar comunidades de plantas e baseia-se na fixação de vários pontos ao longo da comunidade florestal, onde um quadrado define a área em que a cobertura da vegetação pode ser estimada, as plantas contadas ou espécies registadas, cujas áreas podem ser estabelecidas aleatoriamente, regularmente ou subjetivamente na área de estudo (Fidelibus, 1993). Cada parcela foi georreferenciada e registou-se a família de cada espécie, nome científico das espécies em regeneração, diâmetro e altura das espécies. Para a marcação das parcelas utilizaram-se Fitas métricas (50-100 m), estacas de de aço, um martelo (5 kg). Os dados foram registados em fichas de observação específicas para o efeito, usou-se uma máquina fotográfica, sacos de papel de amostra de rocha, e um (1) paquímetro electrónico para medição do diâmetro das espécies (Figura 2).

Figura 2: A) Área amostral, caracterizada por uma parcela de 10 m × 10 m para amostragem da regeneração; B) Medição do diâmetro médio das espécies com auxílio de um paquímetro digital



Fonte: Os autores

Tratamento dos dados de terreno

Os dados recolhidos no campo foram introduzidos numa planilha de cálculos do MS Excel, que permitiu o seu armazenamento e para a obtenção do índice de diversidade de Shannon, foi utilizado o Software Análise Estatística RStudio (Version 4.4.3).

Índices de diversidade

O índice de Shannon é um dos índices de diversidade mais aplicado nos estudos ecológicos e consiste na obtenção da diversidade específica (alfa) considerando a riqueza das espécies e suas abundâncias relativas (Melo, 2008). Sua concepção admite que os indivíduos sejam colhidos aleatoriamente de uma grande e infinita população, assumindo, também, que todas as espécies estão representadas na amostra (Dias, 2004). Segundo (NAPPO, 1999) usualmente o índice de Shannon varia entre 1,5 - 3,5 e, em casos excepcionais, excedem 4,5 com base na relação entre o número de indivíduos por espécie e o número total de indivíduos amostrados, expressando um valor que combina com as componentes de riqueza e equitabilidade, sua fórmula é expressa no seguinte:

$$H = - \sum_i \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$$

Onde:

H = Índice de diversidade de Shannon

n_i = é o número de indivíduos da espécie i

N = é o número total de indivíduos amostrados

$\ln$ = é o logaritmo neperiano

Parâmetros Fitossociológicos

A Fitossociologia, como ciência, busca conhecer a comunidade vegetal do ponto de vista florístico e estrutural e apoia-se no conhecimento das espécies que compõem a

flora, como elas estão arrançadas, sua interdependência, como funcionam e como se comportam no fenômeno de sucessão (Finol, 1971). Para descrever a estrutura das espécies regenerativas e dos indivíduos das espécies neste presente estudo foram utilizadas as seguintes fórmulas com significados relacionados abaixo: A densidade (D): refere-se a participação das espécies dentro da comunidade vegetal, possibilitando a análise do comportamento de cada espécie e mudanças na distribuição espacial que possam ocorrer (Souza, 2000). A densidade absoluta (DA): corresponde ao número total de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área (Souza, 2000).

$$DA = \frac{ni}{A}$$

Onde:

DA = Densidade Absoluta

ni = Número de indivíduos da espécie i

A = Área

A Densidade Relativa (DR): refere-se ao número de indivíduos de uma determinada espécie em relação ao total de indivíduos de todas as espécies amostradas na área. Estes parâmetros podem ser estimados pelas expressões (Souza, 2000), sendo expressa em percentagem.

$$DR = \frac{ni}{N} \times 100\%$$

Onde:

DR = Densidade Relativa

ni = Número de indivíduos da espécie i

N = Número total de indivíduos amostrados

A Frequência (F): representa como os indivíduos de dada espécie estão distribuídos sobre a área amostrada e é dada em percentagem das unidades amostrais que contém a espécie e este parâmetro é estimado nas formas absoluta e relativa (Franczak, 2006). As expressões utilizadas para sua estimativa são as seguintes:

Frequência absoluta: é a relação entre o número de parcelas em que uma espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas (Franczak, 2006).

$$FA = \frac{Pi}{P}$$

Onde:

FA = Frequência Absoluta.

Pi = Número de parcelas com ocorrência da espécie i

P = Número total de parcelas

Frequência Relativa: é a relação entre frequência absoluta de uma espécie com a somatória das frequências absolutas de todas as espécies (Franczak, 2006).

$$FR = \frac{FAi}{\Sigma FA} \times 100\%$$

Onde:

FR = Frequência Relativa

FAi = Frequência Absoluta da espécie i

ΣFA = Somatória das frequências absolutas de todas as espécies

Estimativa da regeneração natural

Para calcular a estimativa da regeneração natural foi utilizado a metodologia descrita por (Finol, 1971) modificada por (Volpato, 2009) através da seguinte fórmula:

$$RNCi = \frac{DRi + FRi}{2}$$

Onde:

RNCi = Estimativa da regeneração natural da espécie i

DRi = Densidade Relativa para a espécie i de regeneração natural

FRi = Frequência Relativa da espécie i de regeneração natural

Índices espectrais

O uso de índices espectrais derivados de imagens de satélite constitui uma ferramenta fundamental para compreender os processos de regeneração natural em áreas afetadas pela mineração (Forson & Amponsah, 2023). Esses índices permitem avaliar, de forma indireta e não destrutiva, variáveis estruturais e funcionais da vegetação, oferecendo informações que complementam os dados obtidos em campo, como diversidade de espécies e índices de heterogeneidade. Assim, com base numa rigorosa revisão bibliográfica feita em livros e artigos, foram calculados o NDVI, SAVI, EVI, NDMI e BCI para cada parcela. As equações e as bandas utilizadas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1: Índices espectrais utilizados nesta pesquisa e suas respectivas equações

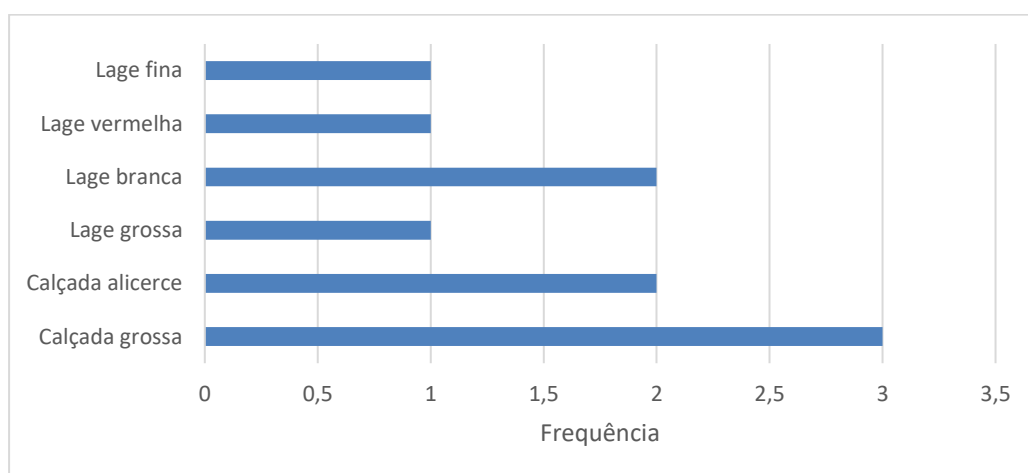
Índice	Equação	Bandas Sentinel 2	Referências
NDVI	$(B8 - B4) / (B8 + B4)$	B8 e B4	(Wang, et al., 2022)
SAVI	$(B8 - B4) / (B8 + B4 + 0.5) \times 2.5$	B8 B4 e B2	(Da Silva, et al., 2020)
EVI	$2.5 \times \frac{B8 - B4}{(B8 + 6 \times B4 - 7.5 \times B2 + 1)}$	B5 e B6	(Shu, et al., 2024)
NDMI	$(B8 - B6) / (B8 + B6)$	B8 e B6	(Shu, et al., 2024)

BCI	$(EVI + NDMI) / (EVI - NDMI)$	--	(Silva, et al., 2021)
-----	-------------------------------	----	-----------------------

Resultados e discussão

Foram amostradas 10 parcelas, em duas principais áreas de exploração (Cristo-rei sede e Calumue). Dá análise feita, a região é dominada pelo tipo de formação rochosa rocha sedimentar da classe dos arenitos. Os exploradores definem os nomes das rochas mediante as características físicas sobretudo pela sua coloração, dos quais destacam-se a lage vermelha e branca, calçada grossa, calçado alicerce, alicerce bruto.

Figura 3: Nomes locais dos principais tipos de rochas explorados na região do Cristo-rei no Lubango



Diversidade biológica

A riqueza específica nas parcelas variou entre 4 e 19 espécies, com uma média de 8,4 espécies por parcela, evidenciando uma comunidade relativamente pobre em diversidade. Observa-se que apenas três parcelas concentram a maior parte das espécies registadas-parcela 8 (22,61%), parcela 4 e parcela 17 (17,85%) — que, juntas, representam 55,93% da diversidade total do local (Tabela 1). Essa distribuição desigual sugere que a regeneração da vegetação ocorre de forma heterogênea no espaço, refletindo possivelmente diferenças na disponibilidade de recursos, nas condições edáficas e no histórico de perturbação. Assim, o cenário aponta para um processo de regeneração ainda incipiente e limitado, que requer tempo e condições favoráveis para que a diversidade específica possa se estabilizar e expandir.

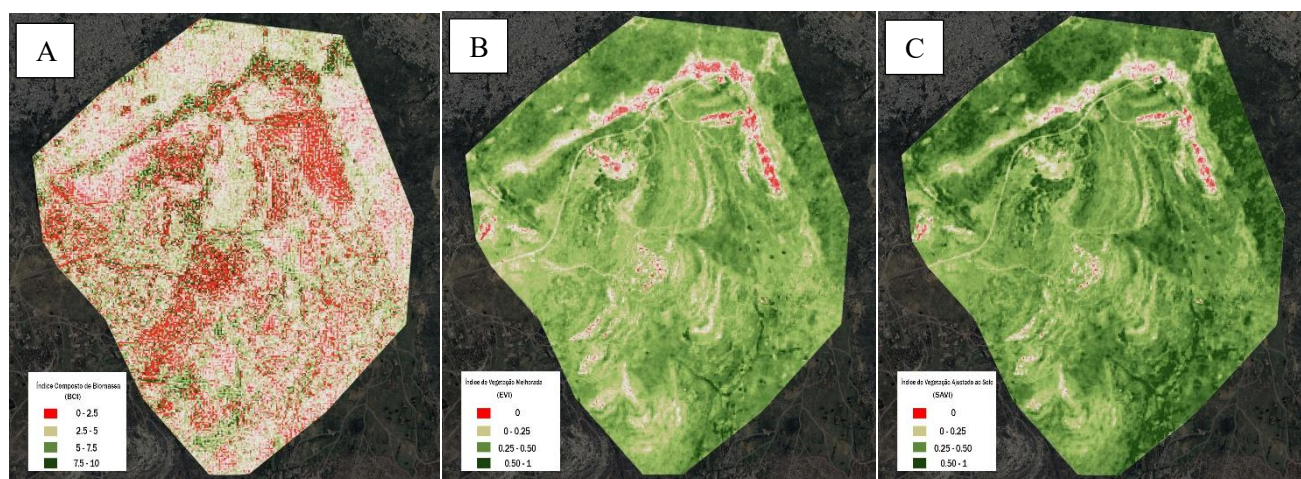
O índice de Shannon variou entre 1,92 e 2,53, com uma média de 2,21, o que revela não apenas um número reduzido de espécies, mas também uma distribuição desigual entre elas. Esse padrão sugere um estágio inicial do processo de regeneração, caracterizado por comunidades pouco diversas bem como pela dominância de algumas espécies pioneiras. Tal cenário é típico de áreas fortemente perturbadas e que se encontram em recuperação, nas quais espécies de rápido crescimento tendem a ocupar o espaço de forma preferencial, enquanto espécies mais tardias ou de maior exigência ecológica ainda não se estabeleceram plenamente.

Tabela 2: Valores do Índice de Shannon (H') e Riqueza específica por parcela

Parcelas	Riqueza (%)	Shannon
1	5,95	1,52
2	9,52	1,95
3	4,76	1,89
4	17,85	2,45
5	5,95	1,52
6	4,76	1,21
7	5,95	1,30
8	22,61	2,67
9	15,47	2,44
10	7,14	1,10

O Índice de Composição Biofísica (BCI) variou entre 0,76 e 7,18, com uma média de 2,59, o que revela existir grande variação entre as parcelas, sendo algumas com um estado melhor enquanto outras em estado de extrema degradação, situação que pode afectar significativamente no processo de regeneração da vegetação. Já o índice de vegetação melhorada variou entre 0.057 e 0.268, com uma média de 0.17, estes valores denotam que existe vegetação menos densa ($>0,3$) resultante de possíveis perturbações antrópicas. Esta realidade foi confirmada pelo SAVI que tem como função a compensação do efeito do solo exposto, onde revelou existir uma regeneração ainda incipiente influenciada pelo efeito do solo no resultante da exploração mineira na região.

Figura 3: Valor do índice das variáveis ambientais por parcela estudada



Apesar de existir pouca variação nas variáveis altitude e temperatura (Figura 3), é evidente que elas afectam significativa no processo de regeneração, uma vez que, locais mais quentes tendem a ser susceptíveis a degradação do solo. Este cenário pode ser observado na Tabela 2, onde as parcelas localizadas em locais com temperatura elevada

apresentaram valores inferiores de SAVI e EVI.

Figura 4: Distribuição espacial da A) Altitude; B) Declive e C) Temperatura

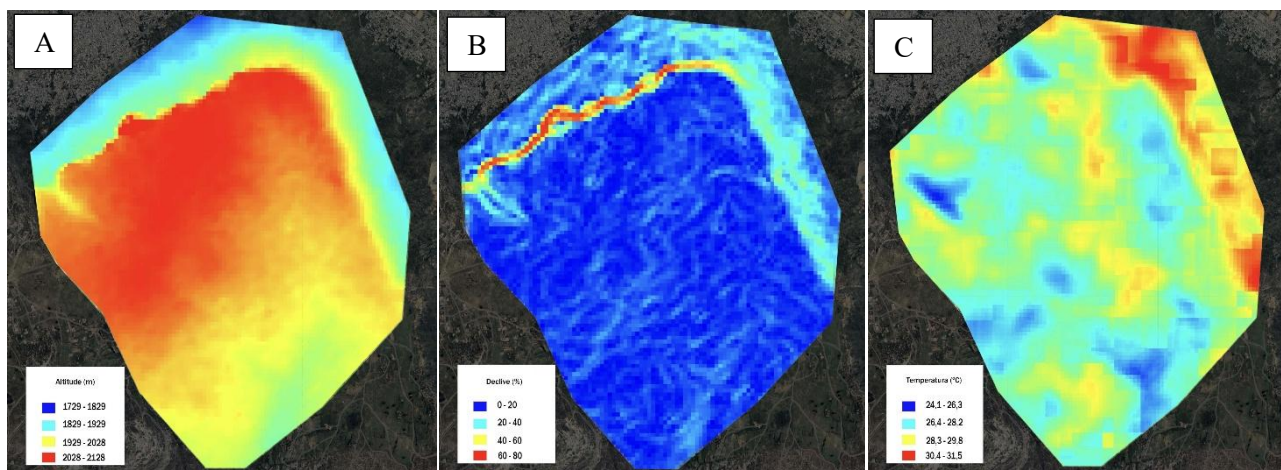


Tabela 3: Valor do índice das variáveis ambientais por parcela

Plots	BCI	DEM	EVI	LST	SAVI
1	1,1295541	2069	0,14901366	28,37013	0,14526627
2	1,8170155	2088	0,20363174	27,52933	0,20081061
3	4,1175224	2085	0,05774244	28,47666	0,05852048
4	0,7638336	2085	0,16515341	26,75926	0,15960666
5	1,8664495	2137	0,26809178	27,1049	0,26998025
6	7,1802871	2106	0,17164552	27,75423	0,17613706
7	2,6428937	2070	0,22437614	26,98429	0,22044897
8	1,6955554	2111	0,08742404	28,22751	0,07982051
9	2,5880609	2048	0,20325977	28,07626	0,20998035
10	2,0747991	2080	0,16909509	27,81506	0,1733945

Análise dos componentes principais entre as parcelas

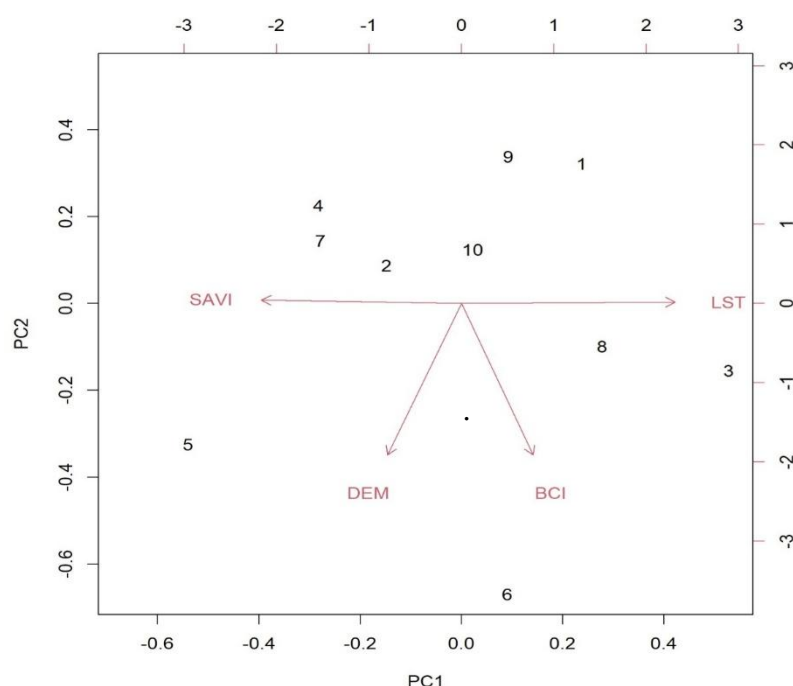
O resultado da análise dos componentes principais mostrou que as parcelas 5, 8, 3 e 6 são as mais influenciadas pelas variáveis ambientais. A parcela 5 por exemplo, é influenciada pelas variáveis SAVI e DEM. Isto pode indicar um cenário de menos impacto ou perturbação, uma vez que combina vegetação densa com altitude elevada, o que muitas vezes corresponde a locais mais isolados ou menos explorados (Figura 5).

A parcela 6 por sua vez é influenciada também pela altitude e pelo BCI, o que pode indicar também um cenário de pouca perturbação antrópica devido o factor altitude, bem como condições adequadas do solo, uma vez que se encontra mais próxima da variável BCI. Estes dois factores contribuem significativamente para o desenvolvimento das espécies presentes na parcela, podendo ser um local com

potencialidade para a aplicação de políticas de conservação.

As parcelas 8 e 3 encontram-se entre as variáveis BCI e temperatura, este cenário pode indicar condições ambientais específicas relacionadas com a altitude, onde as temperaturas tendem a influenciar significativamente no desenvolvimento da vegetação da região.

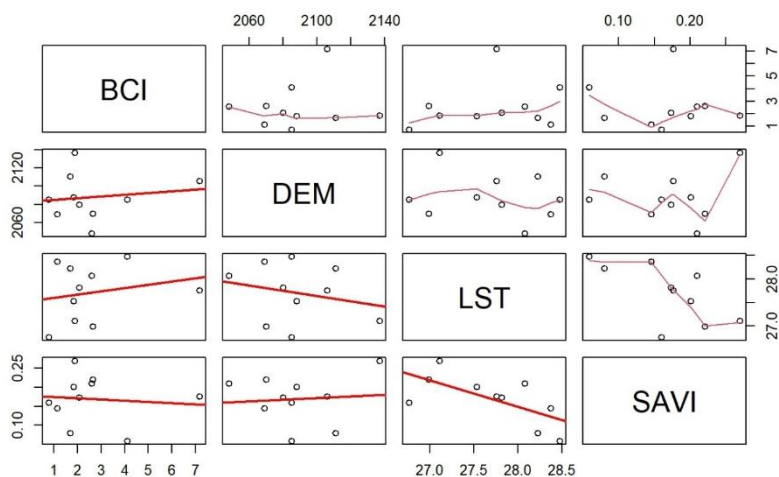
Figura 5: PCA das variáveis ambientais por parcela



Análise da correlação entre as variáveis ambientais

Importante salientar que, durante o processo de teste, foi detectado colinearidade entre as variáveis NDVI e SAVI, o que obrigou a sua retirada na análise de correlação. Os resultados da correlação entre as variáveis ambientais mostraram comportamentos diversos. Começando pela BCI, este apresentou uma correlação positiva com a altitude, indicando mais uma vez que as áreas elevadas apresentam solos mais conservados corroborando com os resultados da análise anterior (Figura 6). A altitude e a temperatura apresentam correlação negativa, indicando que as parcelas que se localizam em pontos mais elevados têm temperaturas mais baixas em relação as que se localizam em pontos mais baixos. Este é um cenário próprio da troposfera, onde as altitudes a temperatura comportam-se de modo inversamente proporcional. Situação semelhante acontece com as variáveis, temperaturas e SAVI, o que pode indicar que as vegetações das parcelas localizadas em regiões mais elevadas tendem a apresentar sinais de menos perturbação.

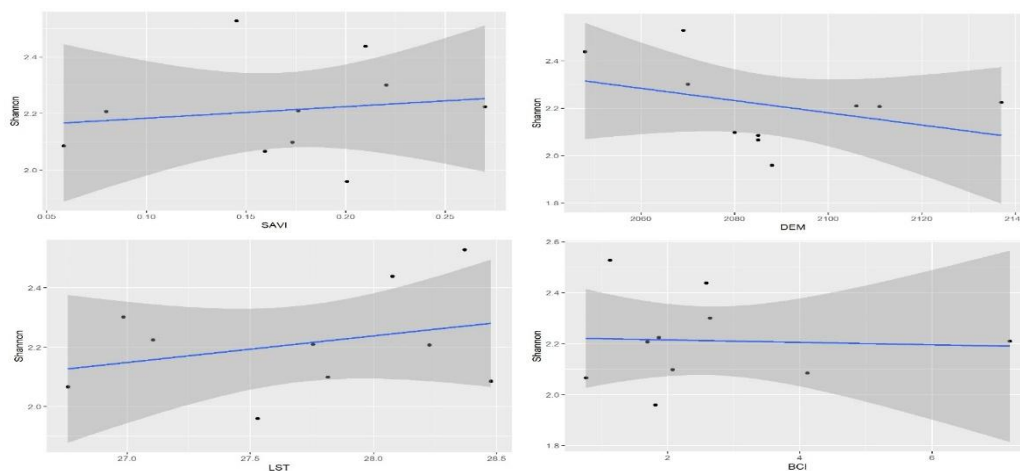
Figura 6: Correlação entre as variáveis ambientais



Regressão linear do índice de Shannon com as variáveis ambientais

Observando as linhas de tendências do cenário A, percebe-se que as parcelas com vegetação densa, tende a apresentar maior riqueza específicas, isto acontece devido a reduzida perturbação antrópica, sendo que as plantas nesses lugares tendem a crescer de forma segura (Figura 7). O cenário B) indica que a riqueza tende a diminuir com a altitude, ou seja, as parcelas localizadas em altitudes baixas, apresentam menor diversidade de espécies em relação as localizadas nos pontos mais altos. Já o cenário C), indica que nas parcelas estudadas, a diversidade aumenta com a temperatura, ou seja, as parcelas com temperaturas médias de 28.5°C tendem a apresentar índices de diversidade superiores a 2.1. Por último o cenário D) ao contrário dos demais, mostrou uma regressão linear nula, o que pode indicar a não existência ou baixa relação entre as duas variáveis.

Figura 7: Correlação entre as variáveis ambientais



Análise da regeneração natural

A estimativa da regeneração natural na área de estudo permitiu acompanhar a evolução dos fragmentos e avaliar o estado de conservação dos indivíduos registados. Esses dados podem orientar respostas imediatas a alterações naturais ou antrópicas, já que os indivíduos disponíveis podem ser recrutados para os estágios iniciais da regeneração. Em termos de regeneração natural, a *Brachystegia spiciformes* destaca-se com o maior índice (49,41%), seguida por *Julbernardia paniculata* (8,77%), *Julbernardia globiflora* (8,25%) e *Parinari curatellifolia* (5,61%). Estes valores indicam a proporção de espécies que compõem o estoque disponível para a distribuição na comunidade vegetal, de acordo com as suas dimensões.

Tabela 4: Estimativa da regeneração natural na área de estudo

Espécie	Densidade Relativa em (%)	Freqência Relativa em (%)	Regeneração Natural em (%)
<i>Albizia antunesiana</i>	0,14	1,96	1,05
<i>Bobgunnia madagascariensis</i>	0,42	1,96	1,19
<i>Brachystegia spiciformis</i>	79,21	19,61	49,41
<i>Combretum collinum</i>	0,85	5,9	3,375
<i>Faurea</i> sp.	1	5,88	3,44
<i>Julbernardia globiflora</i>	6,65	9,8	8,225
<i>Julbernardia paniculata</i>	3,82	13,73	8,775
<i>Monotes angolensis</i>	0,14	1,96	1,05
<i>Monotes katangensis</i>	2,12	3,92	3,02
<i>Monotes</i> sp.	0,57	1,96	1,265
<i>Ochna pulchra</i>	0,14	1,96	1,05
<i>Parinari curatellifolia</i>	1,41	9,8	5,605
<i>Protea</i> sp.	0,71	3,92	2,315
<i>Protea welwitschii</i>	1,27	3,92	2,595
<i>Pteleopsis anisoptera</i>	0,85	5,88	3,365
<i>Rothmannia engleriana</i>	0,28	1,96	1,12
<i>Securidaca longipedunculata</i>	0,14	1,96	1,05
<i>Strophanthus welwitschii</i>	0,14	1,96	1,05
<i>Strychnos spinosa</i>	0,14	1,96	1,05
Total	100	100	100

Conclusões

Da análise feita, a região é dominada por rochas sedimentares da classe dos arenitos com modalidades de exploração artesanal na superfície fina da terra feitas a céu aberto. A recuperação natural das espécies arbóreo-arbustivas nas áreas degradadas pela exploração mineira constitui, no entanto, a última etapa de uma mineração e potencia no conhecimento e gestão da biodiversidade de modo a salvaguardar o meio e o bem-estar das populações ao redor e da sociedade no geral; Foram identificadas 10 famílias, 19 espécies regeneradoras com maior predominância da *Brachystegia spiciformis* e culminou com um total de 707 indivíduos distribuídos em 10 parcelas amostrais. As famílias mais representativas com relação ao número de indivíduos foram Chrysobalanaceae (10 indivíduos), Combretaceae (12 indivíduos), Dipterocarpaceae (20 indivíduos), Proteaceae (21 indivíduos) e Fabaceae (638 indivíduos). A diversidade florística, avaliada pelo índice de diversidade de Shannon apresentou uma média de 2,21 de biodiversidade, indicando uma boa tendência de crescimento das espécies arbóreas arbustivas, dotadas de uma capacidade regenerativa e resiliência às perturbações garantindo assim o desenvolvimento das comunidades de uma forma mais equilibrada. Os modelos estatísticos tais como PCA e de regressão, identificaram fortes indícios de relação entre a diversidade e os factores ambientais. Sendo que as diferenças entre a temperatura e a altitude podem ser factores secundários, modulando microclima e influenciando os índices de vegetação. As estimativas da regeneração natural por espécie constituem uma estratégia para a organização e controlo da informação sobre os seres vivos, existe após a exploração de maneira segura e duradoura no qual permitiu perceber que a *Brachystegia spiciformis*, *Julbernardia paniculata* e da *Parinari curatellifolia* são as espécies que se destaca com maior índice de regeneração. Dada a escassez de estudos ligados a regeneração natural do miombo em áreas sujeitas à exploração mineira, aliada com a complexidade da estabilização das alterações causadas à paisagem, vários aspectos ficaram por analisar, assim, sugerem-se várias ideias que podem ser aplicadas no contexto local.

- Implementação de uma exploração sustentável no sentido de haver maior cumprimento efectivo da legislação mineira salvaguardando o meio ambiental;
- Intervir com um plano de gestão em reflorestamento natural de modo a ter o controlo do desenvolvimento das espécies em regeneração;
- Envolver as comunidades ao redor num processo de sensibilização com informações de esclarecimento sobre os cuidados a ter em conta com as espécies em regeneração natural de modo a salvaguardar a diversidade florística local.

Referências bibliográficas

- Araújo, A. &. (1992). *Geologia de Angola. Notícia explicativa da Carta geológica de Angola Á Escala 1:1000000*. . Luanda: Serviço Geológico de Angola.
- Ashiry, A. (2024). Evaluating the Accuracy of Change detection Using Spectral Indices and spectral classification, A Case Study of Fayoum Governorate, Egypt. *JES. Journal of Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2024.286600.1333>, 1.
- Barbosa, L. A. (1970). *Carta Fitogeográfica de Angola. (ASSESCA-PLP, Ed.) (Facsimila)*. . Angola: Instituto de Investigação Científica de Angola.
- Carvalho, J. O. (1982). *Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará*. Paraná: Universidade Federal do Paraná.
- Cavadas. (2012). *Optimização do Desmonte numa Mina a Céu Aberto com a aplicação de AIR DECKS*. Porto: FEUP.
- CESO. (2017). *Estudo sobre as Rochas Ornamentais em Angola. Estudo de Caso, Consórcio AIP / AEP / ICEP, Geologia, Lisboa & Luanda*. . Angola: Lisboa.
- Chambassuco, M. (1 de 11 de 2023). *Exportação de recursos minerais sem os diamantes e petroleo vale so 83 milhões de USD*. Obtido de expansao: <https://expansao.co.ao/economia/detalhe/exportacao-de-recursos-minerais-sem-os-diamantes-e-petroleo-vale-so-83-milhoes-usd-61023.html>
- Chisingui, A. V. (2017). *Análise da paisagem e das alterações de uso/ocupação do solo no Lubango e arredores*. . Évora: Universiidade de Évora.
- Código-Mineiro. (2011). *Lei Nº 31/2011 Pela Assembleia Nacional*. Luanda - Angola: Ministério De Geologia E Minas.
- Correia, J. H., & Pereira, P. (Junho de 2016). *Extracção de areia na praia de Calhetona. Ilha de Santiago, Cabo Verde: Revista de Gestão Costeira Integrada*.
- Costa, B. d., V., J., Azevedo, A., Franco, E., . . . R. (1959). *Carta Geral dos Solos de Angola*. Distrito da Huila.: Huila.
- Curtis, J. T., & M Cintsh, R. P. (1951). Forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecology*, v. 32, p. 476-496.
- Dapke, P., Nagare, S., Quadri, S., Bandal, S., Gaikwad, R., & Baheti, M. (2025). Seasonal Analysis of Vegetation, Moisture, Urbanization, and Land Surface Temperature (LST) Using NDVI, NDMI, NDWI, and NDBI Indices: A Case Study of Sillod, Maharashtra. *International Conference on Computational, Communication and Information Technology (ICCCIT)*, 753-760. <https://doi.org/10.1109/ICCCIT62592.2025.10928110>, 2.
- Dias, S. (2004). *Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação*. Obtido de Acta Scientiarum: <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v26i4.1511>
- Diniz, A. C. (2006). *Características Mesológicas de Angola, 2.ª Edição revista*. Portugal: IPAD.
- Diniz, C. A. (1973). *Características mesológicas de Angola: descrição e correlação dos aspectos fisiográficos, dos solos e da vegetação das zonas agrícolas angolanas*

- (No. 2). . Angola: Missão de inquéritos agrícolas de Angola.
- DPCHDPHC. (2015). *Resumo Histórico dos Monumentos e Sítios Inventariados e Classificados da Província da Huíla*. Huíla: Direcção Provincial da Cultural da Huíla (DPCH): Departamento do Património Histórico cultural (DPHC).
- Fidelibus, M. W. (1993). Methods for Plant Sampling. Retrieved January 5, 2018, from <http://www.sci.sdsu.edu/SERG/techniques/mfps.html>.
- Finol, U. H. (1971). Nuevos parametros a considerarse em el analisis estructural de las selvas virgenes tropicales. *Revista florestal Venezolana*, v.14, n. 21, p.29-42.
- Fio, H. M. (2016). *Educação Patrimonial: O Património Cultural e a Escola no Município*. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas.
- Forson, E. D., & Amponsah, P. O. (2023). Prediction of gold mineralization zones using spatial techniques and geophysical data: A case study of the Josephine prospecting licence, NW Ghana. *Heliyon*.
- Francisco, D. (2018). *Formação sobre metodologia de investigação científica e pesquisa aplicada*. . Projecto Nova Vida: Centro de ajuda académica.
- Franczak, D. D. (2006). *Dinâmica da comunidade arbórea em um cerradão do Parque do Bacaba, Nova Xavantina-MT*. Nova Xavantina: Universidade de Estado de Mato Grosso.
- Gama, J. R., Botelho, S. A., & Bentes-Gama, M. d. (2002). Composição florística e estrutural da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. *Revista Árvore*, pág.559-566.
- Gastão. (2007). *Impactos Causados pela Mineração ao Meio Paisagístico (em Angola)* . Angola: Centro de Biologia Ambiental da FCUL.
- Gomes, S. F. (2004). *Estudo de Base Impactes de apanha e extracção de inertes em Cabo Verde*. Praia: PANA .
- Gonçalves, F. M., Revermann, R., Gomes, A. L., Aidar, M. P., Finckh, M., & Juergens, N. (2017). Tree Species Diversity and Composition of Miombo Woodlands in South-Central Angola: A Chronosequence of Forest Recovery after Shifting Cultivation. *International Journal of Forestry Research*, <https://doi.org/10.1155/2017/6202093>.
- Guimarães, R. B. (2012). *Desenvolvimento de um método para o processo de gestão de riscos no planeamento do fechamento de Mina*. Brazil: Escola de Minas-UFOP.
- Hartman, H. L. (2002). *Mining Engineering Handbook*. Littleton. Society for Mining Metallurgy, and Exploration. EUA: HARTMAN, H. K. (ed).
- HF/Angop. (12 de 01 de 2022). *Exportacoes de rochas ornamentais valeram 235 milhões USD em 2021*. Obtido de expansao: <https://www.expansao.co.ao/economia/detalhe/exportacoes-de-rochas-ornamentais-valeram-235-milhoes-usd-em-2021-57980.html>
- I.N.E. (2014). *Resultados preliminares do recenseamento geral da população e da habitação de Angola de 2014*. . Luanda: Angola.
- Jew, E. K., Dougill, A. J., Sallu, S. M., O'Connell, J., & Benton, T. G. (2016). Miombo woodland under threat: Consequences for tree diversity and carbon storage.

Forest Ecology and Management.

- Kauark, F. S., Manhães, F. C., & Medeiros, C. H. (2010). *METODOLOGIA DA PESQUISA: UM GUIA PRÁTICO*. Itabuna - Bahia, Brasil: VIA LITTERARUM EDITORA.
- Khan, M., & Chen, R. (2025a). Assessing the Impact of Land Use and Land Cover Change on Environmental Parameters in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan: A Comprehensive Study and Future Projections. *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs17010170>, 2.
- Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de Investigação Científica (5ª Edição ed.)*. . São Paulo - Brasil: ATLAS S.A.
- Lei, K., Pan, H., & Lin, C. (2016). A landscape approach towards ecological restoration and sustainable development of mining areas. *Ecol Eng* 90:320–325. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.080>.
- Lisboa, S. N., Montfort, F., Grinand, C., Betbeder, J., Siteo, A. A., Roelens, J.-B., & Blanc, L. (2025). Recovery of Miombo Woodland in Abandoned Lands Post-Agriculture, Charcoal Production and Logging in Central Mozambique. *African Journal of Ecology*.
- Magnago, L. F., Martins, S. V., Venke, T. S., & Ivanauskas, N. M. (2012). Os processos e estágios sucessionais da mata atlântica como referência para a restauração florestal. *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*, p. 69-100.
- Melo. (15 de Março de 2008). *O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?* Obtido de Biota Neotropica: <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/pt/abstract?point-of-view+bn00108032008>.
- Mendes, T. P., Montag, L. F., Torres, N. R., Guterres, A. P., Fares, A. L., Calvão, L. B., . . . Ca, M. N. (2021). Recovery processes in areas affected by mining: a scientiometric review. *Ciência e Natureza*.
- MRMPG. (2023). *PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO SECTOR DOS RECURSOS MINERAIS 2023-2027*. Luanda.
- Mussungu, E. J. (2019). *Proposta para reflorestação de uma área degradada pela mineração de rochas calcárias na pedreira da empresa Procal*. Município do Lubango. Lubango: ISPH.
- NAPPO, M. E. (1999). *Inventário florístico e estrutural da regeneração natural no sub-bosque de povoamento homogêneo de Mimosa scabrella Bentham, implantados em áreas minerais, em Poços de Caldas, Minas Gerais*. . Brazil: UFLA Lavras.
- Navarro-Ramos, S. E., Sparacino, J., Rodríguez, J. M., Filippini, E., Marsal-Castillo, B. E., García-Cannata, L., . . . Torres, R. C. (2022). Active revegetation after mining: what is the contribution of peer-reviewed studies? *Heliyon*.
- nguhvujn. (74656). *uyhbun*. dhhbvhun: bvjhfh.
- Panzo, T. I. (2015). *Análise comparativa de estudo de impactes ambientais na extração de inertes em Portugal e Angola, como base para um Plano de Gestão*. Lisboa : Faculdade de Ciências - Universidade de Lisboa.

- Poletto, C. (2006). *A exploração de pedreiras na cidade metropolitana de São Paulo no contexto de planeamento e gestão do território*. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Prodanov, C. C. (2013). *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico (2ª Edição ed.)*. . Hamburgo - Rio Grande do Sul - Brasil: Feevale.
- Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico (2ª Edição ed.)*. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul - Brasil: Editora Feevale.
- Reis, R. C. (2007). *Métodos de lavra de rochas ornamentais*. Escola de Minas: Ouro Preto.
- Rodrigues, R., Martins, S. V., & Barros, L. C. (2004). Tropical rain forest regeneration in the area degraded by mining, in Mato Grosso State, Brazil. . *Forest Ecology and Management*, v.190, p. 323-333.
- Santos, T. E. (2018). *Análise dos impactos ambientais da exploração de ouro: caso de estudo da mina de Chipindo, Angola*. Lisboa: Dissertação de Mestrado.
- Sartori. (2002). Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de Eucalyptus saligna Smith. localizado no Estado de São Paulo. *Scientia Florestalis*, n. 62. p. 86. 103.
- Silva, A. F. (2005). *A Geologia da República de Angola desde o paleoarcaico ao paleozóico inferior*. Alfragide (Lisboa), Portugal: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, IP.
- Silva, J. L., Araujo, R. A., Esteves, V. P., Loebmann, D. G., Vicente, L. E., Paschoal, J. P., & Morgado, C. d. (2021). Analysis of vegetation recovery in areas impacted by bauxite mining in the Amazon Forest. *Clean Techn Environ Policy* 23, 1617–1640 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02052-9>, 3.
- Souza, P. A. (2000). *Comportamento de 12 espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de área*. UFLA: Manejo Florestal.
- Syampungani, S., Geldenhuys, C. J., & Chirwa, P. (2015). Regeneration dynamics of miombo woodland in response to different anthropogenic disturbances: forest... *Agroforestry Systems*, DOI: 10.1007/s10457-015-9841-7.
- UNEP. (2001). *Guidance for the mining industry in raising awareness and preparedness for emergencies at local level*, Unep Division of Technology, Industry and Economics. . Paris: United Nations Environment Programme.
- Vijay, A., & Varija, K. (2024). Spatio-temporal classification of land use and land cover and its changes in Kerala using remote sensing and machine learning approach. *Environmental monitoring and assessment*, 196 5, 459 . <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12633-y>, 1.
- Villas Boas, R. C., & Barreto, M. L. (2000). *Experiências em Iberoamerica*. CYTED/MAAC. Rio de Janeiro: Cierre de Minas.
- Volpato, M. S. (2009). *Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta estacional decidual, Santa Maria*. . Santa Maria: Universidade Federal de Santa Marta.

Recebido:04/10/2025

Aceite:28/05/2026



[Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Ao submeter o manuscrito o autor está ciente de que os direitos de autor passam para a **REVISTA CIENTÍFICA DO ISCED - Huíla** e para o Instituto Superior de Ciências de Educação da Huíla, que mantém com fundos próprios a Revista.