



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ISABELA CAVALCANTI GUEDES

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS OU
ALTERADAS (PRAD) DO MUNICÍPIO DE TORITAMA-PE**

João Pessoa – Paraíba

2025

ISABELA CAVALCANTI GUEDES

**AVALIAÇÃO DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS OU
ALTERADAS (PRAD) DO MUNICÍPIO DE TORITAMA-PE**

Projeto apresentado ao Programa de Graduação do Curso de Engenharia Civil da UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB, como requisito para a obtenção do título de Engenharia Civil, sob orientação da Prof. Dr. Aline Nunes Flávia Remigio Antunes.

Orientação: Prof. Dra. Aline Nunes Flávia Remigio Antunes

João Pessoa - Paraíba

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G924a Guedes, Isabela Cavalcanti.

Avaliação do projeto de recuperação de áreas degradadas ou alteradas (PRAD) do Município de Toritama- PE / Isabela Cavalcanti Guedes. - João Pessoa, 2025.

58 f. : il.

Orientação: Aline Nunes Flávia Remigio Antunes Antunes.

TCC (Graduação) - UFPB/TECNOLOGIA.

1. PRAD. I. Antunes, Aline Nunes Flávia Remigio Antunes. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ISABELA CAVALCANTI GUEDES

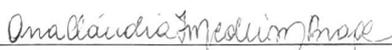
AVALIAÇÃO DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS OU ALTERADAS (PRAD) DO MUNICÍPIO DE TORITAMA-PE.

Trabalho de Conclusão de Curso em 28/04/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Aline Flávia Nunes Remigio Antunes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO



Clóvis Dias
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UEPB

APROVADO

Dedico este trabalho aos meus pais, por me ouvir, incentivar, apoiar com toda atenção e compreensão. A todos que contribuíram de qualquer forma para a conclusão do mesmo.

AGRADECIMENTO

A Deus, em primeiro lugar pela força e coragem que Ele me proporcionou para lidar com as angústias que enfrentei durante esses anos de curso, em segundo a minha mãe Isabel Cristina, por ser a mãe e a mulher mais forte do mundo para mim, sempre me motivou e me aconselhou quando mais precisei e também ao meu pai Mauro Guedes e minha irmã Marília Guedes que estiveram comigo em todos os momentos possíveis, me oferecendo apoio emocional e me motivando a ser cada vez melhor e determinada para alcançar meus objetivos pessoais e profissionais.

Grata também pela vida dos meu sobrinho João Lucas, que iluminou os meus dias mais escuros me trazendo alegria, conforto e muitas brincadeiras divertidas com boas risadas, sendo a criança mais incrível para mim e eu sou a tia mais feliz e orgulhosa por tê-lo como parte da minha vida.

Também agradeço a minha grande amiga e irmã de outra mãe, Isabel Cristina por ser uma pessoa incrível em minha vida e que de fato me ajudou a lidar com as minhas emoções ao escrever este trabalho e por todos os abraços que recebi antes e durante este processo. Aos meus amigos do curso que levarei para a vida (Matheus Mendes, Camila Castelo Branco e Adelle Candeia) pela paciência, força, companhia e carinho que me ofereceram durante esses anos, fizeram com que os meus dias na Universidade fossem mais divertidos e leves.

E sou grata também aos meus amigos de trabalho, Humberto Borba, Márcio Lima, Marcone Santos, Josafá Bernardo, Robson Murilo e Severino Cezar, que me incentivaram diariamente a concluir essa etapa na minha vida, foram meu suporte e esteio em diversas situações, cada um com sua particularidade, mas sempre me apoiando nas dificuldades, me oferecendo seu abraço, carinho e motivação nos dias em que pensei que não poderia suportar tanta pressão.

Agradeço a minha orientadora Aline Nunes Flávia Remigio Antunes por me repassar seus conhecimentos, ser paciente e solícita em todos os momentos que eu precisei. Aos meus professores Andrea Brasiliano, Ana Claudia Medeiros, Clovis Dias e Pablo Brilhante por serem grandes mestres e doutores da educação aos quais eu admiro muito.

Apesar de eu ter mencionado apenas algumas pessoas aqui, muitas outras proporcionaram este grande momento em minha vida e de fato contribuíram para o meu sucesso, sempre estarão em meu coração e serei eternamente grata. A todos os meus familiares, amigos e docentes, os meus mais singelos agradecimentos por tudo o que fizeram por mim até aqui.

RESUMO

A degradação ambiental, agravada por atividades como a agricultura intensiva e a urbanização descontrolada, representa um desafio significativo para a sustentabilidade e a qualidade de vida. O Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) visa restaurar áreas degradadas, promovendo a regeneração natural e a sustentabilidade ecológica. O PRAD visa restaurar áreas degradadas através de técnicas de revegetação, controle de erosão e restauração de cursos d'água, além de envolver as comunidades locais na manutenção e sustentabilidade a longo prazo. A abordagem do PRAD incluiu a análise das causas da degradação e a aplicação de técnicas de revegetação com espécies nativas, construção de estruturas de controle da erosão e recuperação de cursos de água. O PRAD do Município de Toritama-PE também incorporou a participação comunitária em todas as etapas, desde o planejamento até a execução, para garantir o sucesso das intervenções. Os resultados indicaram que a integração das abordagens técnicas com a participação comunitária é crucial para o sucesso da recuperação ambiental. A revegetação com espécies nativas ajudou a restaurar a biodiversidade, enquanto as estruturas de controle da erosão estabilizaram o solo. A participação das comunidades locais não só facilitou a implementação das técnicas, como também promoveu a sensibilização e educação ambiental, essencial para a sustentabilidade das áreas recuperadas. O PRAD revelou-se uma ferramenta eficaz para mitigar os impactos da degradação ambiental, destacando a importância de estratégias integradas que combinem técnicas de recuperação com o envolvimento comunitário. O projeto proporciona um modelo sustentável de recuperação de áreas degradadas, com potencial para ser replicado em diferentes contextos, garantindo a resiliência dos ecossistemas e o bem-estar das comunidades locais.

Palavras-chave: Áreas degradadas. Projeto de recuperação. PRAD.

ABSTRACT

Environmental degradation, worsened by activities such as intensive agriculture and uncontrolled urbanization, represents a significant challenge to sustainability and quality of life. The Degraded Areas Recovery Project (PRAD) aims to restore degraded areas, promoting natural regeneration and ecological sustainability. PRAD aims to recover degraded areas through revegetation techniques, erosion control and restoration of watercourses, in addition to involving local communities in long-term maintenance and sustainability. The PRAD approach included the analysis of the causes of degradation and the application of revegetation techniques with native species, construction of erosion control structures and recovery of watercourses. The project also incorporated community participation at all stages, from planning to execution, to ensure the success of the interventions. The results indicated that the integration of technical approaches with community participation is crucial for the success of environmental recovery. Revegetation with native species helped restore biodiversity, while erosion control structures stabilized the soil. The participation of local communities not only facilitated the implementation of the techniques, but also promoted environmental awareness and education, essential for the sustainability of the recovered areas. PRAD proved to be an effective tool for mitigating the impacts of environmental degradation, highlighting the importance of integrated strategies that combine recovery techniques with community involvement. The project provides a sustainable model for the recovery of degraded areas, with the potential to be replicated in different contexts, ensuring the resilience of ecosystems and the well-being of local communities.

Keywords: Degraded areas. Degradation project. PRAD.

LISTA DE SIGLAS

PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

PNMA - Plano de Nacional do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica

UNCCD – Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação

APP – Área de Preservação Permanente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

ONGS – Organizações Não Governamentais

PSA – Programas de Pagamento por Serviços Ambientais

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EPI – Equipamento de Proteção Individual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Definição de Degradação Ambiental	14
2.2 Causas da Degradação de Áreas	15
2.3 Consequências da Degradação Ambiental	16
2.4 Importância da Recuperação de Áreas Degradadas	18
2.5 Marco Legal e Normativo	19
2.6 Avaliação de Impacto Ambiental	20
2.7 Técnicas e Estratégias de Recuperação.....	22
2.8 Modelos de Sucesso em Recuperação Ambiental.....	24
2.9 Participação Comunitária e Envolvimento Social.....	25
2.10 Monitoramento e Avaliação de Projetos de Recuperação.....	27
2.11 Aspectos Econômicos da Recuperação Ambiental	29
2.11.1 Métodos de Avaliação da Eficiência dos Projetos de Recuperação.....	31
3. METODOLOGIA.....	33
3.1 Área de estudo.....	35
3.2 Caracterização da área degradada.....	Erro! Indicador não definido. 6
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 Avaliação dos Impactos Ambientais	41
4.2 Análise de Alternativas de Recuperação	45
4.3 Planejamento e Implementação do PRAD.....	49
4.3.1 Cronograma físico.....	54
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

A humanidade, por séculos, vem conquistando seu espaço, isto quase sempre à custa da contínua e crescente pressão sobre os recursos naturais. A degradação do solo é de difícil definição (KOBAYAMA et al. 2001). Os principais fatores de degradação de ambientes terrestres são os desmatamentos para fins de agricultura, a urbanização, as obras de engenharia para a construção de estradas, ferrovias ou represas, a mineração, incluindo o uso excessivo de produtos químicos na agricultura, ausência de práticas conservacionistas do solo e as atividades industriais ou bioindustriais que causam a poluição do solo (DIAS e GRIFFITH, 1998).

Segundo Rezende (2011) a intervenção humana sobre o meio ambiente pode ser feita através da supressão irregular de vegetação. Essa prática pode ocasionar a retirada total de vegetação de uma determinada área com o intuito do uso alternativo do solo como sendo uma das principais motivações a expansão de cidades. As atividades antrópicas em áreas urbanas e rurais são muito frequentes e podem provocar mudanças negativas em seu estado natural e dependendo do impacto estas intervenções podem causar prejuízos ao meio biótico e abiótico (ERTHAL et al. 2021).

A legislação ambiental Brasileira foi criada com o objetivo de disciplinar o uso dos recursos naturais. Foi estabelecida após perceber que os recursos que eram ilimitados ficavam cada vez mais escassos com o aumento da utilização desenfreada ou pelo surgimento de danos causados por essas ações. A legislação no controle do uso dos recursos naturais pode ser considerada o principal meio para proteção e conservação do meio ambiente (BORGES et al. 2020).

Segundo Mendes (2017), a PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente que foi estabelecida pela Lei 6.938 em 31 de agosto de 1981, é a referência mais importante na proteção ambiental que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, partindo de princípios fundamentais. Os princípios são o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais, proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas, Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais, recuperação de áreas degradadas, educação ambiental a todos os níveis

do ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Atualmente, um dos principais instrumentos para recuperação ambiental é o PRAD, que segundo Corrêa (2007) trata-se de um conjunto de atividades a serem implantadas quando há necessidade de recuperação, restauração ou reabilitação de uma área degradada, visando sempre à estabilidade da paisagem e afirma ainda que “caso o ambiente não se recupere sozinho em um tempo razoável, diz-se que ele está degradado, e a intervenção humana é necessária”.

O PRAD não possui uma legislação específica, mas ele possui seus fundamentos pelas normas, leis e decretos, inicialmente sendo citado pela Lei Federal 6.398/1981 que permitiu a criação de instrumentos para viabilizar a recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 1985), e com a aprovação da Lei Federal 12.305/10, que institui a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), nos quais os planos de recuperação são importantes instrumentos da gestão ambiental para vários tipos de atividades antrópicas, sobretudo aquelas que envolvem desmatamentos, terraplenagem, exploração jazidas de empréstimos, bota-foras e deposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) diretamente no solo.

Com o avanço do desmatamento de áreas florestais e o aumento dos impactos negativos gerados por mãos humanas, os PRADs, tem se tornado um mecanismo fundamental para a minimização desses impactos e nos faz refletir sobre como podemos combater esses prejuízos de forma eficaz, buscando avaliar adequadamente os diagnósticos ambientais dessas áreas, levando em consideração aspectos relevantes quanto os meios físico, biótico e antrópico. A eficácia do PRAD depende de fatores como a fiscalização, atuação e regulamentação por parte dos órgãos responsáveis (BORGES, 2020).

Segundo Almeida (2016), o PRAD apresentado aos órgãos ambientais é um instrumento de planejamento, execução e avaliação de recuperação dessas áreas degradadas, utilizando de informações técnicas organizadas em etapas para a realização do processo de recuperação ambiental e o objetivo deste projeto é promover técnicas e estratégias para desenvolver práticas que possam devolver a este ambiente a sua condição natural e equilíbrio ao ecossistema local que por outras razões tiveram suas condições físicas, químicas ou biológicas alteradas.

Somente após a implantação intensa e fiscalização dos projetos de recuperação, restauração e reabilitação do meio ambiente serão possíveis o fim de degradações ilegais e obter o meio ambiente mais preservado para gerações futuras.

Nesse contexto, surge a seguinte indagação: Quais são as estratégias e práticas mais eficazes para recuperar áreas degradadas ou alteradas e restaurar sua funcionalidade ecológica? Este questionamento, como proposto por Costa (2023), direciona o foco deste trabalho, buscando compreender e avaliar as melhores abordagens para a restauração de áreas degradadas, levando em consideração as especificidades de cada localidade e os desafios associados.

Esse trabalho consiste na análise do PRAD da cidade de Toritama - PE, realizando o levantamento detalhado da área degradada, identificando suas características e impactos ambientais. selecionando e implementando técnicas de recuperação adequadas, considerando as melhores práticas e tecnologias disponíveis; monitorar e avaliar os resultados da implementação do projeto PRAD ao longo do tempo.

A metodologia PRAD envolve uma série de etapas sistemáticas: Coleta de dados sobre qualidade do solo, da água e do ar, além de análise da vegetação e fauna local. Estabelecimento de objetivos claros e mensuráveis alinhados à legislação ambiental e às necessidades da comunidade local. Criação de cronograma detalhado para implementação de ações de recuperação. Análise e escolha das estratégias de recuperação mais adequadas, considerando eficácia, custos e impactos ambientais e sociais.

O trabalho foi dividido da seguinte forma:

Introdução: Apresentação do tema, justificativa, problema, objetivos e metodologia.

Contextualização Teórica: Revisão da literatura sobre degradação ambiental, suas causas, consequências e importância da recuperação.

Metodologia: Detalhes das etapas e métodos utilizados no planejamento e implementação do PRAD.

Resultados e Discussões: Diagnóstico Ambiental da Área Degradada: Avaliação de impactos ambientais e análise de alternativas de recuperação. Planejamento e Implementação do PRAD: Estratégias e ações específicas para recuperação da área.

Conclusão: Reflexão sobre os resultados obtidos e a importância da recuperação ambiental para a sustentabilidade e qualidade de vida das comunidades locais.

A relevância deste trabalho acadêmico reside na sua contribuição para a promoção da sustentabilidade ambiental e da conservação dos recursos naturais, conforme destaca Costa (2023). Assim, este trabalho busca fornecer subsídios para tomadas de decisão e ações práticas voltadas à gestão ambiental e ao desenvolvimento sustentável.

1.1 Objetivo Geral

Esse trabalho objetivou realizar uma análise abrangente e detalhada do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) da cidade de Toritama – PE.

1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as alternativas de recuperação propostas no PRAD – Toritama-PE.
- Identificar os impactos ambientais na área degradada, antigo lixão de Toritama.
- Propor medidas mitigadoras ou compensatórias.
- Identificar as melhores práticas e estratégias para implementação de PRADS em diferentes contextos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição de Degradação Ambiental

A degradação ambiental é um fenômeno complexo e multifacetado que afeta diversos ecossistemas em todo o mundo. Ela pode ser definida como qualquer alteração negativa nos componentes físicos, químicos e biológicos do meio ambiente, resultante da interferência humana ou de processos naturais. Essa definição abrange uma ampla gama de impactos, desde a perda de biodiversidade até a contaminação do solo e da água (Costa, 2022).

Um dos principais agentes causadores de degradação ambiental é a atividade humana, que muitas vezes visa atender às necessidades de desenvolvimento econômico e social sem considerar os limites dos recursos naturais. Por exemplo, o desmatamento para expansão agrícola, a urbanização desordenada e a exploração descontrolada de recursos naturais contribuem significativamente para a degradação de áreas naturais (Coimbra *et al.*, 2019).

A degradação ambiental pode manifestar-se de diversas formas, dependendo das características e da sensibilidade de cada ecossistema. Nos ecossistemas terrestres, a degradação frequentemente está associada à perda de vegetação nativa, erosão do solo, compactação do solo e perda de fertilidade. Já nos ecossistemas aquáticos, os principais problemas incluem a poluição da água por resíduos industriais, agrícolas e urbanos, além da destruição de habitats aquáticos (Coimbra *et al.*, 2019).

As consequências da degradação ambiental são graves e podem afetar tanto o meio ambiente quanto a sociedade de diversas maneiras. Por exemplo, a perda de biodiversidade pode comprometer a estabilidade dos ecossistemas e reduzir a capacidade de suporte dos recursos naturais, afetando diretamente a segurança alimentar e o bem-estar das populações locais. Além disso, a contaminação do solo e da água pode gerar impactos na saúde humana, aumentando o risco de doenças e problemas de saúde pública (Costa, 2022).

Diante desse cenário, torna-se cada vez mais urgente adotar medidas eficazes para prevenir e mitigar a degradação ambiental, promovendo práticas de desenvolvimento sustentável e conservação dos recursos naturais. Nesse contexto, os planos de recuperação de áreas degradadas (PRADs) surgem como instrumentos

importantes para reverter os impactos negativos da degradação e restaurar a saúde dos ecossistemas (Costa, 2022).

2.2 Causas da Degradação de Áreas

A degradação de áreas representa um problema ambiental significativo, resultante de múltiplas causas que contribuem para a perda da qualidade do solo e da vegetação, impactando negativamente a biodiversidade e os recursos hídricos. Entre as principais causas da degradação de áreas está a agricultura intensiva, que utiliza técnicas inadequadas de manejo do solo, como o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas, além do cultivo contínuo sem a devida rotação de culturas. Esse tipo de prática agrícola exaure os nutrientes do solo, reduz sua capacidade de regeneração e aumenta a vulnerabilidade à erosão (Leme, 2022).

Outro fator crucial na degradação de áreas é o desmatamento, especialmente em regiões de florestas tropicais. O corte raso para a conversão de terras em áreas agrícolas ou pastagens elimina a cobertura vegetal que protege o solo contra a erosão, reduz a infiltração de água e altera os ciclos hidrológicos locais. Além disso, a remoção da vegetação natural leva à perda de habitat para muitas espécies, contribuindo para a redução da biodiversidade (Martins; Frassetto, 2014).

A urbanização descontrolada também figura entre as causas primárias da degradação de áreas. A expansão urbana muitas vezes ocorre sem planejamento adequado, resultando na impermeabilização do solo e na construção em áreas suscetíveis à erosão e deslizamentos. A falta de infraestrutura de saneamento básico também agrava a contaminação dos solos e cursos d'água, exacerbando os problemas ambientais (Leme, 2022).

A mineração é outra atividade de grande impacto, pois frequentemente causa a remoção de grandes volumes de solo e rochas, além da poluição com metais pesados e produtos químicos utilizados no processo de extração. As áreas mineradas geralmente ficam abandonadas após a exploração, deixando para trás um solo degradado e contaminado, com pouca ou nenhuma vegetação, o que impede a recuperação natural do ecossistema (Martins; Frassetto, 2014).

O manejo inadequado dos resíduos sólidos é um fator adicional que contribui significativamente para a degradação das áreas. A disposição inadequada de lixo, especialmente em aterros não controlados, pode levar à contaminação do solo e das

águas subterrâneas com substâncias tóxicas. Além disso, o acúmulo de resíduos pode promover a proliferação de vetores de doenças, aumentando os riscos à saúde pública e impactando negativamente os ecossistemas locais (Leme, 2022).

A pecuária intensiva também é uma atividade que exerce pressão considerável sobre o meio ambiente. A superlotação de animais em áreas restritas leva à compactação do solo, diminuindo sua capacidade de infiltração de água e aumentando a erosão. Além disso, a decomposição dos dejetos animais pode resultar na liberação de nutrientes em excesso, que contaminam os corpos d'água adjacentes, causando eutrofização e perda de biodiversidade aquática (Martins; Frassetto, 2014).

Mudanças climáticas globais intensificam ainda mais os processos de degradação das áreas. Fenômenos como o aumento das temperaturas médias e a alteração nos padrões de precipitação contribuem para a desertificação, especialmente em regiões semiáridas. A variabilidade climática pode levar a eventos climáticos extremos, como secas severas e inundações, que aceleram a degradação do solo e dificultam sua recuperação natural (Leme, 2022).

Outro aspecto relevante é a extração de madeira de forma ilegal e insustentável, que reduz a cobertura florestal e expõe o solo à erosão. A exploração predatória dos recursos florestais não só compromete a integridade do ecossistema, mas também impacta negativamente as comunidades locais que dependem dessas florestas para sua subsistência. Esse tipo de atividade é particularmente danoso em áreas onde a regeneração natural da vegetação é lenta, agravando o processo de degradação (Martins; Frassetto, 2014).

A degradação de áreas é um fenômeno multifatorial que requer abordagens integradas para sua mitigação. Medidas como a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, a implementação de políticas de reflorestamento, o planejamento urbano adequado e a regulamentação rigorosa das atividades extrativas são fundamentais para reverter os danos causados e promover a recuperação dos ecossistemas degradados. Projetos como o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) são essenciais para orientar essas ações e garantir a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida das populações afetadas (Leme, 2022; Martins; Frassetto, 2014).

2.3 Consequências da Degradação Ambiental

A degradação ambiental representa um dos desafios mais significativos enfrentados pela sociedade contemporânea, com implicações diretas na saúde dos ecossistemas e na qualidade de vida das populações. De acordo com De Carvalho (2011), a análise de geossistemas desempenha um papel crucial na compreensão dos processos de degradação, fornecendo percepções para a formulação de estratégias eficazes de recuperação de áreas afetadas. Nesse contexto, os projetos de recuperação de áreas degradadas ou alteradas (PRAD) emergem como instrumentos fundamentais para mitigar os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Um dos principais desafios enfrentados na implementação de projetos de recuperação ambiental reside na necessidade de promover a restauração dos ecossistemas de forma integrada e sustentável. Conforme destacado por Morais (2021), a elaboração de planos de recuperação demanda uma abordagem multidisciplinar, que considere não apenas os aspectos biológicos e físicos, mas também os aspectos sociais e econômicos envolvidos. Nesse sentido, é essencial promover a participação ativa das comunidades locais e o engajamento de diferentes atores sociais no processo de planejamento e execução das ações de recuperação.

Além disso, a eficácia dos projetos de recuperação está intrinsecamente ligada à escolha e aplicação adequada das técnicas de restauração mais adequadas a cada contexto específico. De acordo com De Carvalho (2011), a análise detalhada das características do ambiente degradado, incluindo o levantamento da vegetação remanescente, a identificação das espécies nativas e a avaliação dos impactos causados pelas atividades humanas, é fundamental para orientar a seleção das medidas de reabilitação mais apropriadas.

Outro aspecto relevante a ser considerado na elaboração de projetos de recuperação ambiental é a necessidade de monitoramento constante dos resultados obtidos ao longo do tempo. Conforme ressaltado por Morais (2021), a avaliação periódica do progresso da restauração permite identificar eventuais desvios em relação aos objetivos estabelecidos e promover ajustes nas estratégias adotadas, garantindo assim a efetividade das ações de recuperação.

Diante do exposto, fica evidente a importância dos projetos de recuperação de áreas degradadas ou alteradas como instrumentos essenciais para a promoção da sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico. Por meio da implementação de estratégias integradas e sustentáveis, baseadas em uma compreensão aprofundada dos processos de degradação e na participação ativa das

comunidades locais, é possível reverter os danos causados ao meio ambiente e promover a conservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

2.4 Importância da Recuperação de Áreas Degradadas

Nesse sentido, é fundamental reconhecer que a degradação ambiental não se restringe apenas à perda de biodiversidade, mas também engloba a degradação do solo, a contaminação de recursos hídricos e a emissão de poluentes atmosféricos, como ressalta Moraes (2021) em seu estudo sobre a elaboração de planos de recuperação de áreas degradadas em Lagoa da Confusão-TO. Esses impactos têm sérias consequências para o equilíbrio dos ecossistemas e para a saúde humana, exigindo ações urgentes e efetivas para sua mitigação e reversão.

Além disso, a degradação ambiental pode desencadear processos de desertificação e erosão do solo, comprometendo a capacidade produtiva das áreas afetadas e ameaçando a segurança alimentar das populações locais (De Carvalho, 2011). Esses efeitos são especialmente preocupantes em regiões vulneráveis, onde as comunidades dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência.

Outra consequência importante da degradação ambiental é o agravamento dos fenômenos climáticos extremos, como secas prolongadas, enchentes e tempestades, que podem causar danos significativos à infraestrutura urbana e rural, bem como às atividades econômicas (Moraes, 2021). Esses eventos climáticos têm se tornado mais frequentes e intensos devido às mudanças climáticas globais, exacerbando os impactos da degradação ambiental em todo o mundo.

É importante destacar que a degradação ambiental não afeta apenas o meio natural, mas também tem implicações sociais e econômicas, contribuindo para o agravamento das desigualdades socioeconômicas e para o aumento dos conflitos por recursos naturais escassos (De Carvalho, 2011). Portanto, a recuperação de áreas degradadas não deve ser vista apenas como uma questão ambiental, mas também como uma questão de justiça social e desenvolvimento sustentável.

As consequências da degradação ambiental são multifacetadas e interconectadas, exigindo abordagens integradas e multidisciplinares para sua compreensão e enfrentamento. A implementação de projetos de recuperação de áreas degradadas, como o PRAD, é fundamental para reverter os danos causados pelos

impactos humanos no ambiente e promover a sustentabilidade das paisagens naturais e das comunidades que delas dependem.

2.5 Marco Legal e Normativo

O marco legal e normativo é fundamental para orientar a elaboração e a execução de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). No Brasil, a legislação ambiental estabelece diretrizes claras para a proteção e recuperação de ecossistemas afetados por atividades humanas. A Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA (Lei nº 6.938/1981) e a Resolução CONAMA nº 1/1986 são exemplos de normativas que criam bases legais para a obrigatoriedade de recuperação de áreas degradadas, definindo responsabilidades e procedimentos a serem seguidos por empreendedores e órgãos ambientais (Santos, 2013).

Além das leis federais, cada estado possui sua própria legislação complementar que reforça e especifica as exigências conforme as características regionais. Por exemplo, a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) e o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) estabelecem penalidades para a degradação ambiental e normas para a recuperação de áreas de preservação permanente e reservas legais (Skorupa *et al.*, 2021). Essas leis obrigam os proprietários de terras a adotarem práticas de conservação do solo e da água, promovendo o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade dos recursos naturais.

Outro ponto crucial é a exigência de licenciamento ambiental para empreendimentos que possam causar impacto significativo ao meio ambiente. A Resolução CONAMA nº 237/1997 detalha o processo de licenciamento, que inclui a apresentação de um PRAD como condição para a obtenção das licenças prévias, de instalação e de operação (Santos, 2013). Este procedimento visa assegurar que as atividades econômicas sejam conduzidas de maneira responsável, com medidas efetivas para mitigar e compensar os danos ambientais.

O PRAD deve ser elaborado com base em diagnósticos ambientais precisos, contemplando aspectos bióticos e abióticos da área degradada. De acordo com Skorupa *et al.* (2021), um PRAD eficiente deve incluir a identificação das causas da degradação, a definição de metas de recuperação, a escolha de técnicas apropriadas e o monitoramento contínuo dos resultados. As técnicas podem variar desde a

revegetação com espécies nativas até a construção de estruturas para contenção de erosão e manejo de recursos hídricos.

Além das regulamentações nacionais, os acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário também influenciam a legislação ambiental. A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD) são exemplos de compromissos que reforçam a importância da recuperação de áreas degradadas como parte das estratégias globais de conservação e uso sustentável dos recursos naturais (Santos, 2013).

Os municípios também desempenham um papel vital na implementação das políticas de recuperação ambiental, elaborando planos diretores e leis municipais que complementam as normas estaduais e federais. A participação da sociedade civil é incentivada por meio de audiências públicas e conselhos ambientais, garantindo a transparência e a inclusão de diversos setores na gestão ambiental (Skorupa *et al.*, 2021).

Portanto, o marco legal e normativo do Brasil estabelece uma estrutura robusta e detalhada para a elaboração e execução dos PRADs. Essa estrutura é essencial para assegurar que as ações de recuperação ambiental sejam eficazes, promovendo a restauração dos ecossistemas degradados e contribuindo para a sustentabilidade ambiental a longo prazo. A integração das diversas normas e a participação ativa de todos os atores envolvidos são fundamentais para o sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas.

2.6 Avaliação de Impacto Ambiental

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento essencial para a gestão ambiental e a mitigação de danos causados por atividades antrópicas, particularmente na recuperação de áreas degradadas. A AIA visa identificar, prever e interpretar os impactos ambientais de projetos ou atividades que possam causar degradação ambiental, proporcionando uma base científica para a tomada de decisões e a formulação de políticas públicas (Fernandes, 2019).

A aplicação da AIA em projetos de recuperação de áreas degradadas envolve diversas etapas, incluindo a definição do escopo, a análise preliminar, a elaboração de estudos ambientais, a avaliação dos impactos e a proposição de medidas mitigadoras e compensatórias. No contexto do PRAD, a AIA é fundamental para

assegurar que as ações de recuperação sejam ambientalmente sustentáveis e socialmente justas (Saraiva *et al.*, 2022).

Durante a fase de definição do escopo, são identificados os principais componentes ambientais que podem ser afetados pelo projeto de recuperação. Isso inclui aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos da área em questão. A análise preliminar fornece uma visão geral das condições atuais da área degradada e estabelece uma linha de base para futuras comparações (Fernandes, 2019).

A elaboração dos estudos ambientais constitui a etapa mais detalhada da AIA. Nesta fase, são realizados levantamentos de campo e análises laboratoriais para coletar dados sobre a fauna, flora, solo, recursos hídricos e clima da área afetada. Além disso, são utilizados modelos preditivos para avaliar como as atividades de recuperação podem impactar esses componentes ambientais. Esses estudos são fundamentais para identificar os impactos negativos e positivos do projeto (Saraiva *et al.*, 2022).

A avaliação dos impactos ambientais é realizada com base nos dados coletados e nas previsões feitas pelos modelos. Os impactos são classificados em termos de magnitude, extensão, duração e reversibilidade. Esse processo permite priorizar os impactos mais significativos que requerem medidas mitigadoras específicas. A elaboração de um plano de mitigação é uma etapa crítica da AIA, onde são propostas ações para prevenir, minimizar ou compensar os impactos adversos identificados (Fernandes, 2019).

O plano de mitigação inclui estratégias como a revegetação com espécies nativas, a construção de estruturas para controle de erosão, a recuperação de nascentes e corpos d'água, e a implementação de programas de educação ambiental para a comunidade local. Essas medidas visam restaurar as funções ecológicas da área degradada e promover a sustentabilidade a longo prazo (Saraiva *et al.*, 2022).

A AIA no contexto do PRAD deve incluir um sistema de monitoramento e avaliação contínua para garantir que as medidas mitigadoras sejam eficazes e que os objetivos de recuperação estejam sendo alcançados. O monitoramento permite ajustar as ações de recuperação conforme necessário, com base nos resultados observados ao longo do tempo. A transparência e a participação da comunidade no processo de monitoramento são essenciais para o sucesso e a aceitação social dos projetos de recuperação (Fernandes, 2019; Saraiva *et al.*, 2022).

A realização de uma Avaliação de Impacto Ambiental detalhada e bem executada é crucial para o sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas. Ela não apenas garante a minimização dos impactos negativos, mas também potencializa os benefícios ambientais, sociais e econômicos das ações de recuperação, contribuindo para a promoção da sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida das populações afetadas.

2.7 Técnicas e Estratégias de Recuperação

As técnicas e estratégias de recuperação de áreas degradadas são essenciais para restaurar a funcionalidade dos ecossistemas e promover a sustentabilidade ambiental. O desenvolvimento e a implementação de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) demandam a aplicação de métodos científicos e práticas de manejo adequadas, que variam conforme as condições específicas de cada área e o tipo de degradação envolvida.

Um dos métodos mais comuns e eficazes é a revegetação, que envolve a introdução de espécies vegetais nativas para estabilizar o solo, prevenir a erosão e restabelecer a cobertura vegetal. De acordo com Fernandes (2019), a escolha das espécies deve considerar a adaptação às condições edáficas e climáticas da área, além de sua capacidade de competir com espécies invasoras. A revegetação pode ser realizada por meio do plantio direto de mudas ou pela semeadura, sendo esta última uma técnica mais econômica, porém com maior suscetibilidade à variabilidade climática.

Outra estratégia importante é a recuperação de áreas de preservação permanente (APP) e reservas legais, que desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade e na proteção dos recursos hídricos. Fernandes (2019) destaca que a restauração dessas áreas contribui para a conectividade entre fragmentos florestais, criando corredores ecológicos que facilitam o movimento de fauna e a dispersão de flora.

O controle de processos erosivos é também uma etapa vital nos PRADs. Técnicas de engenharia natural, como a construção de terraços, barragens de contenção e canais de desvio, são utilizadas para estabilizar o solo e direcionar o fluxo de água de forma a minimizar a erosão. Segundo Lara (2016), essas técnicas não

apenas controlam a erosão, mas também melhoram a infiltração de água no solo, contribuindo para a recarga dos aquíferos e a disponibilidade de água para a vegetação.

A remediação de solos contaminados é outra técnica essencial, especialmente em áreas impactadas por atividades industriais e de mineração. Fernandes (2019) explica que a remediação pode envolver a retirada do solo contaminado, sua substituição por solo limpo ou a aplicação de técnicas de biorremediação, que utilizam organismos vivos para degradar os poluentes. A escolha do método de remediação depende da natureza dos contaminantes, da extensão da contaminação e das características do solo.

Além das técnicas físicas e biológicas, as estratégias de recuperação incluem ações de monitoramento e manejo adaptativo. Lara (2016) enfatiza que o monitoramento contínuo das áreas recuperadas é crucial para avaliar o sucesso das intervenções e realizar ajustes conforme necessário. O uso de tecnologias como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIG) facilita o acompanhamento das mudanças na cobertura vegetal e na qualidade do solo e da água ao longo do tempo.

A participação das comunidades locais e a educação ambiental são elementos fundamentais para o sucesso dos PRADs. Envolver os moradores na execução e manutenção dos projetos aumenta a conscientização sobre a importância da conservação ambiental e garante a sustentabilidade das ações de recuperação. Fernandes (2019) aponta que projetos bem-sucedidos frequentemente incluem programas de capacitação e sensibilização, que fortalecem a coesão social e promovem práticas sustentáveis de uso da terra.

Portanto, a combinação de técnicas específicas de recuperação, a adaptação às condições locais e o envolvimento comunitário são essenciais para a efetividade dos PRADs. A integração dessas estratégias permite a restauração das funções ecológicas das áreas degradadas, promovendo a sustentabilidade e a resiliência dos ecossistemas. A implementação de um PRAD bem planejado e executado resulta não apenas na recuperação ambiental, mas também na melhoria da qualidade de vida das populações envolvidas e na preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

2.8 Modelos de Sucesso em Recuperação Ambiental

A recuperação de áreas degradadas é um desafio significativo que exige a aplicação de modelos de sucesso que tenham demonstrado eficácia em contextos variados. A implementação de técnicas bem-sucedidas em diferentes cenários proporciona um entendimento aprofundado sobre práticas que podem ser replicadas ou adaptadas para obter resultados positivos em novos projetos. A experiência acumulada em diversas iniciativas de recuperação ambiental oferece um repertório valioso de estratégias que contribuem para a restauração ecológica, social e econômica de áreas afetadas pela degradação.

Um dos modelos de sucesso na recuperação ambiental pode ser observado no projeto de recuperação de uma área urbana degradada em Piranhas, Goiás. Este projeto focou na remoção de resíduos sólidos, replantio de vegetação nativa e construção de infraestrutura para controle de erosão e escoamento de águas pluviais. A intervenção envolveu a comunidade local em ações de plantio e manutenção, promovendo a conscientização ambiental e o engajamento cívico. O resultado foi a transformação de uma área anteriormente abandonada e degradada em um espaço verde revitalizado que serve de refúgio para a biodiversidade e área de lazer para a população (Alves *et al.*, 2022).

Outro exemplo notável é o projeto de restauração ecológica utilizando técnicas de nucleação na Área de Preservação Ambiental do Timburi, em Presidente Prudente, São Paulo. A técnica de nucleação, que envolve a criação de “ilhas” de vegetação nativa que atuam como centros de regeneração, foi aplicada com sucesso. Essa abordagem facilitou a dispersão de sementes e o desenvolvimento de novas plantas, acelerando o processo de restauração da área. O projeto também incluiu o monitoramento contínuo da regeneração vegetal e da fauna associada, evidenciando a importância do acompanhamento a longo prazo para o sucesso da recuperação ambiental (Silva; Polis, 2022).

A aplicação de técnicas de bioengenharia em projetos de recuperação também tem mostrado resultados promissores, como a utilização de estruturas vivas, como estacas e gramíneas, para estabilização de taludes e controle de erosão tem se mostrado eficaz na recuperação de áreas degradadas por processos erosivos intensos. Esses métodos não apenas controlam a erosão, mas também promovem a

biodiversidade ao fornecer habitats para várias espécies. A combinação de bioengenharia com práticas tradicionais de recuperação, como o plantio de árvores e a revegetação, potencializa os efeitos positivos, criando sistemas ecológicos mais resilientes e sustentáveis. (Alves *et al.*, 2022; Silva; Polis, 2022).

Além das técnicas específicas de recuperação, o envolvimento comunitário e a educação ambiental são componentes cruciais dos modelos de sucesso. Projetos que incorporam programas de educação ambiental e envolvem a comunidade local desde o planejamento até a implementação tendem a alcançar resultados mais sustentáveis. A participação comunitária não só aumenta a aceitação e o apoio ao projeto, mas também garante a manutenção e proteção das áreas recuperadas a longo prazo.

Finalmente, é importante destacar o papel das parcerias institucionais e do financiamento adequado na viabilização de projetos de recuperação ambiental. A colaboração entre governos, ONGs, instituições de pesquisa e setor privado pode alavancar recursos financeiros e técnicos, ampliando o alcance e a eficácia das iniciativas de recuperação. O apoio contínuo de políticas públicas que incentivem práticas de recuperação e forneçam incentivos fiscais ou subsídios também é essencial para a implementação de modelos de sucesso em larga escala. (Alves *et al.*, 2022; Silva; Polis, 2022).

2.9 Participação Comunitária e Envolvimento Social

Segundo Rodrigues (2023), a mobilização social contribui para a formação de uma consciência ambiental coletiva e fortalece o compromisso com a preservação e recuperação ambiental. Desta forma, a participação comunitária e o movimento social mostram-se elementos importantes para o PRAD.

O envolvimento comunitário pode assumir diversas formas, desde a consulta pública e workshops educativos até a participação direta em atividades de plantio e manutenção. Essas ações promovem um senso de pertencimento e responsabilidade entre os membros da comunidade, essencial para a continuidade e sucesso das iniciativas de recuperação. Além disso, a educação ambiental desempenha um papel fundamental na capacitação da população, fornecendo-lhes conhecimento sobre os processos ecológicos e a importância da preservação ambiental (Silva *et al.*, 2019).

Projetos de recuperação de áreas degradadas que incorporam práticas de educação ambiental e envolvem a comunidade local tendem a apresentar resultados mais robustos e duradouros. A educação ambiental pode ser realizada através de palestras, oficinas e campanhas de sensibilização, que visam informar e engajar a comunidade sobre os benefícios das ações de recuperação ambiental. Exemplos bem sucedidos mostram que a combinação de teoria e prática, onde a comunidade participa ativamente de atividades como plantio de árvores e monitoramento da biodiversidade, fortalece o compromisso coletivo com o projeto (Silva *et al.*, 2019).

A integração da comunidade nos projetos PRAD também facilita a adaptação das intervenções às necessidades e particularidades locais. O conhecimento tradicional e as práticas culturais da comunidade podem oferecer análises sobre as técnicas de recuperação mais adequadas e eficazes para o contexto específico. Essa abordagem participativa não só respeita as identidades culturais, mas também garante que as soluções implementadas sejam mais apropriadas e sustentáveis a longo prazo (Rodrigues, 2023).

Além disso, a participação comunitária pode contribuir significativamente para a mitigação de conflitos socioambientais. Em muitas áreas degradadas, especialmente aquelas afetadas por atividades industriais ou agrícolas intensivas, há um histórico de tensões entre as comunidades locais e os responsáveis pela degradação. A inclusão ativa da comunidade no processo de recuperação ajuda a construir confiança e colaboração, transformando potenciais opositores em aliados no esforço de restauração ambiental. Esta colaboração pode ser fundamental para a obtenção de apoio e recursos adicionais, tanto do setor público quanto do privado (Rodrigues, 2023).

O desenvolvimento de parcerias entre governos, ONGs, instituições de ensino e a comunidade local é outro aspecto vital para o sucesso dos projetos PRAD. Essas parcerias proporcionam um fluxo contínuo de recursos financeiros, técnicos e humanos, essenciais para a implementação e manutenção das atividades de recuperação. Além disso, a colaboração intersetorial promove a troca de conhecimentos e experiências, enriquecendo as estratégias de recuperação e aumentando a sua eficácia (Silva *et al.*, 2019).

Projetos de recuperação que demonstram sucesso frequentemente destacam a importância de um modelo de governança participativa, onde a comunidade tem voz ativa nas decisões e no acompanhamento das ações. Este modelo não apenas

empodera a população local, mas também assegura que as intervenções sejam alinhadas com as expectativas e necessidades da comunidade. Ao promover a transparência e a inclusão, os projetos se tornam mais resilientes e adaptáveis às mudanças e desafios futuros (Rodrigues, 2023).

A participação comunitária e o envolvimento social são, portanto, pilares fundamentais para projetos bem sucedidos de recuperação de áreas degradadas. Através da mobilização e educação ambiental, adaptação cultural e parcerias intersetoriais, a comunidade local se torna um agente ativo na promoção da sustentabilidade e resiliência ambiental. Esses elementos são essenciais não apenas para a recuperação ecológica, mas também para o fortalecimento do tecido social e a melhoria da qualidade de vida das populações afetadas (Silva *et al.*, 2019; Rodrigues, 2023).

2.10 Monitoramento e Avaliação de Projetos de Recuperação

O monitoramento e a avaliação de projetos de recuperação de áreas degradadas ou alteradas (PRAD) são etapas cruciais para garantir a eficácia e a sustentabilidade das intervenções realizadas. Estes processos permitem identificar se os objetivos do projeto estão sendo atingidos, bem como ajustar as estratégias conforme necessário para melhorar os resultados. A implementação de um sistema de monitoramento eficaz envolve a coleta e análise contínua de dados sobre as condições ambientais e os progressos das atividades de recuperação (Melo, 2020).

O primeiro passo no monitoramento é a definição de indicadores claros e mensuráveis que possam refletir o estado do ecossistema recuperado. Esses indicadores podem incluir parâmetros físicos, químicos e biológicos, como a qualidade do solo, a cobertura vegetal, a diversidade de espécies e a qualidade da água. A seleção dos indicadores deve ser feita de acordo com os objetivos específicos do projeto e as características do local de intervenção. Além disso, é fundamental estabelecer uma linha de base ou estado inicial da área antes do início das atividades de recuperação, para que as mudanças ao longo do tempo possam ser avaliadas com precisão (Silva, 2020).

O uso de tecnologias modernas, como sensoriamento remoto, drones e ferramentas de geoprocessamento, pode aumentar significativamente a eficiência e a

precisão do monitoramento ambiental. Essas tecnologias permitem a coleta de dados em grande escala e com alta frequência, proporcionando uma visão abrangente e detalhada das mudanças na área de recuperação. Por exemplo, imagens de satélite podem ser utilizadas para monitorar a cobertura vegetal e identificar áreas que necessitam de intervenções adicionais. A integração dessas tecnologias com métodos tradicionais de coleta de dados em campo oferece uma abordagem robusta para o monitoramento e avaliação dos projetos PRAD (Melo, 2020).

A participação da comunidade local no processo de monitoramento também pode enriquecer a qualidade dos dados e promover maior engajamento e responsabilidade social. Treinamentos e capacitações podem ser oferecidos para que os moradores realizem atividades de coleta de dados e observação, o que além de fortalecer a participação comunitária, contribui para a formação de uma consciência ambiental e cidadã. Essa abordagem participativa pode identificar rapidamente problemas emergentes e adaptar as estratégias de recuperação de forma mais ágil e eficaz (Silva, 2020).

Para que o monitoramento seja eficaz, é necessário um plano de avaliação que inclua a análise periódica dos dados coletados e a comparação com os objetivos e metas estabelecidos. Relatórios de progresso devem ser elaborados regularmente, documentando os avanços e desafios encontrados. A avaliação contínua permite identificar práticas bem-sucedidas e áreas que necessitam de melhoria, além de garantir a transparência e a prestação de contas aos financiadores e à comunidade. As avaliações também podem fornecer informações valiosas para a replicação de projetos em outras áreas degradadas, contribuindo para a disseminação de boas práticas (Melo, 2020).

Os resultados das avaliações devem ser utilizados para ajustar e aprimorar as estratégias de recuperação. Isso pode incluir a modificação de técnicas de plantio, a introdução de novas espécies, a alteração das práticas de manejo do solo e a implementação de novas tecnologias de monitoramento. A flexibilidade para adaptar as ações às condições ambientais e sociais emergentes é fundamental para o sucesso a longo prazo dos projetos de recuperação. Além disso, as lições aprendidas durante o processo de monitoramento e avaliação devem ser compartilhadas com a comunidade científica e outros stakeholders para fomentar um ambiente colaborativo de melhoria contínua (Silva, 2020).

O monitoramento e a avaliação contínuos são essenciais para o sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas. Estes processos permitem não só avaliar a eficácia das intervenções realizadas, mas também ajustar as estratégias conforme necessário para maximizar os resultados e garantir a sustentabilidade a longo prazo. A utilização de tecnologias modernas, a participação comunitária e a avaliação periódica são componentes-chave que, quando integrados de maneira eficaz, podem transformar os projetos PRAD em modelos de sucesso replicáveis em diversas regiões e contextos ambientais (Melo, 2020; Silva, 2020).

2.11 Aspectos Econômicos da Recuperação Ambiental

A recuperação de áreas degradadas envolve um conjunto de práticas e técnicas que têm impactos econômicos significativos. O processo de recuperação ambiental não só promove benefícios ecológicos, mas também apresenta vantagens econômicas diretas e indiretas. Investir na recuperação de áreas degradadas pode gerar empregos, estimular a economia local e reduzir custos futuros associados à degradação ambiental contínua.

Primeiramente, a recuperação ambiental pode ser vista como um investimento econômico devido à geração de empregos diretos e indiretos. As atividades de plantio, manutenção, monitoramento e manejo de áreas recuperadas necessitam de mão de obra qualificada e não qualificada, o que pode fomentar a criação de empregos em comunidades locais. Além disso, esses projetos frequentemente envolvem a contratação de serviços especializados, como consultorias ambientais e empresas de engenharia, ampliando o impacto econômico positivo. Alves *et al.* (2022) destacam que a recuperação de áreas degradadas em zonas urbanas pode revitalizar economias locais ao criar oportunidades de emprego e negócios.

Além da geração de empregos, a recuperação de áreas degradadas pode aumentar o valor das terras e propriedades adjacentes. Áreas que foram restauradas frequentemente se tornam mais atrativas para atividades recreativas, turismo ecológico e empreendimentos imobiliários. Por exemplo, a criação de parques e áreas verdes em regiões urbanas não só melhora a qualidade de vida dos residentes, mas também pode elevar os preços dos imóveis ao redor, gerando receita adicional para os municípios através de impostos. Veras *et al.* (2020) discutem como o

reflorestamento e a recuperação de bacias hidrográficas contribuem para a valorização do entorno e promovem o desenvolvimento sustentável das regiões afetadas.

A recuperação ambiental também pode resultar em economias significativas a longo prazo. A mitigação de problemas como erosão do solo, enchentes e poluição da água reduz a necessidade de gastos públicos em infraestruturas de contenção e tratamentos de emergência. Além disso, áreas bem manejadas podem fornecer serviços ecossistêmicos valiosos, como a regulação do clima, o sequestro de carbono e a conservação da biodiversidade, que têm implicações diretas e indiretas na economia. A preservação de serviços ecossistêmicos através da recuperação de áreas degradadas é um aspecto frequentemente destacado nas análises econômicas de projetos ambientais.

Outro aspecto econômico importante é a possibilidade de financiamento e incentivos fiscais para projetos de recuperação ambiental. Governos e organizações internacionais frequentemente disponibilizam fundos e subsídios para iniciativas que visam a recuperação de áreas degradadas. Esses recursos podem ser fundamentais para a viabilização de projetos, especialmente em regiões com limitações financeiras. Programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) também podem oferecer uma fonte de renda adicional para proprietários de terras que se comprometem com práticas de conservação e recuperação ambiental.

A recuperação de áreas degradadas pode também contribuir para a redução de custos relacionados à saúde pública. A melhoria da qualidade do ar e da água, resultante de práticas de recuperação, pode diminuir a incidência de doenças respiratórias e hídricas, reduzindo os gastos com tratamentos médicos e aumentando a produtividade da população. Veras *et al.* (2020) enfatizam que a recuperação de bacias hidrográficas tem um impacto positivo direto na saúde pública, ao melhorar a qualidade da água potável e reduzir os riscos de doenças.

O estudo de casos específicos de sucesso na recuperação ambiental pode oferecer percepções sobre as melhores práticas e os benefícios econômicos potenciais. Projetos bem-sucedidos frequentemente combinam abordagens técnicas avançadas com estratégias de engajamento comunitário e financiamento sustentável. Analisar exemplos práticos pode ajudar na formulação de políticas públicas mais eficazes e na implementação de projetos de recuperação em outras regiões com problemas semelhantes.

Os aspectos econômicos da recuperação ambiental são múltiplos e variados, abrangendo desde a geração de empregos e valorização de propriedades até economias em saúde pública e redução de custos futuros. Ao considerar esses benefícios, fica claro que investir na recuperação de áreas degradadas é uma estratégia economicamente viável e sustentável. A implementação de projetos de recuperação bem planejados e executados não só promove a sustentabilidade ambiental, mas também contribui significativamente para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social.

2.11.1 Métodos de Avaliação da Eficiência dos Projetos de Recuperação

A avaliação da eficiência dos projetos de recuperação ambiental é fundamental para garantir a sustentabilidade e o sucesso das ações implementadas. Diversos métodos são empregados para avaliar o desempenho desses projetos, abrangendo desde aspectos ambientais até socioeconômicos. Neste contexto, destaca-se a importância de selecionar e aplicar métodos adequados que permitam uma análise abrangente e precisa dos resultados alcançados.

Um dos métodos frequentemente utilizados na avaliação da eficiência de projetos de recuperação ambiental é a análise de indicadores ambientais. Esses indicadores abrangem diversos aspectos, como qualidade do solo, qualidade da água, diversidade biológica, cobertura vegetal, entre outros. Por exemplo, estudos de Costa (2022) demonstraram que a recuperação de áreas degradadas resultou em melhorias significativas na qualidade do solo e na biodiversidade, indicando o sucesso das práticas de restauração adotadas.

Além dos indicadores ambientais, também são considerados os aspectos socioeconômicos na avaliação da eficiência dos projetos de recuperação. Nesse sentido, a percepção da comunidade local e o impacto econômico das ações de restauração desempenham um papel crucial. Leme (2022) destaca a importância de incorporar as necessidades e expectativas da comunidade no planejamento e execução dos projetos, visando promover uma maior aceitação e engajamento por parte dos stakeholders.

Outro método importante na avaliação da eficiência dos projetos de recuperação ambiental é o monitoramento contínuo das áreas recuperadas. O acompanhamento periódico do desenvolvimento da vegetação, da fauna e dos

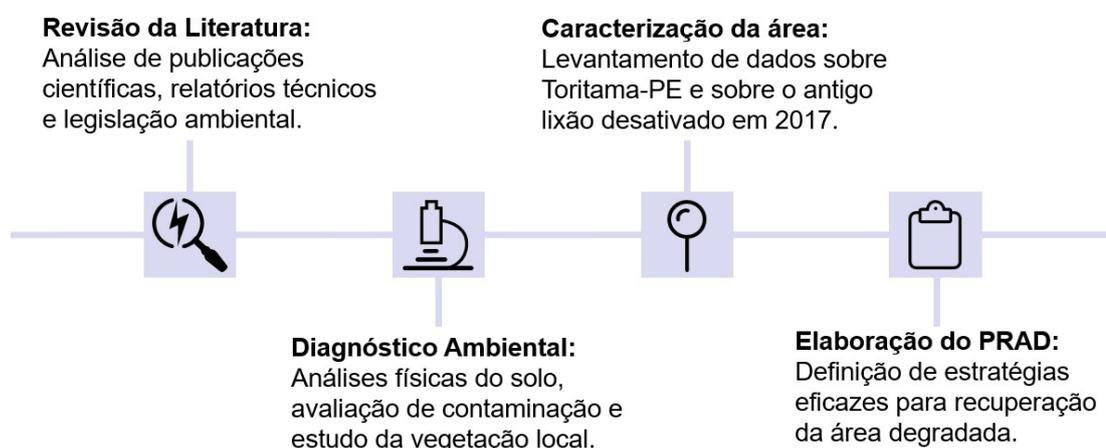
processos eco-hidrológicos permite verificar a evolução do ambiente restaurado ao longo do tempo e identificar eventuais problemas ou desafios. Essa abordagem, aliada à análise de indicadores, contribui para uma avaliação abrangente e detalhada dos resultados alcançados pelos projetos de recuperação.

Os métodos de avaliação da eficiência dos projetos de recuperação ambiental são essenciais para garantir o sucesso das ações de restauração. A análise integrada de indicadores ambientais e socioeconômicos, juntamente com o monitoramento contínuo das áreas recuperadas, proporciona uma visão abrangente e embasada dos resultados alcançados, orientando futuras intervenções e contribuindo para a conservação e sustentabilidade ambiental.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada para permitir uma análise abrangente e detalhada do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) da cidade de Toritama – PE. Foram utilizadas diversas abordagens metodológicas, incluindo pesquisa documental, análise do PRAD existente e a aplicação de técnicas específicas de diagnóstico e avaliação ambiental. As etapas metodológicas seguiram as diretrizes e recomendações encontradas em Moraes (2023).

Figura 1: Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pela autora, baseado nas diretrizes de Moraes 2023.

Realizou-se uma pesquisa documental abrangente, incluindo revisão de literatura acadêmica, relatórios técnicos, legislações ambientais e estudos de caso sobre PRADs. Essa abordagem permitiu reunir informações sobre degradação ambiental e técnicas de recuperação, fornecendo uma base teórica sólida para identificar as melhores práticas e estratégias adotadas em diferentes contextos.

A fase de diagnóstico ambiental da área degradada inicia-se com a caracterização física do solo, onde analisando a composição e estrutura do solo para identificar níveis de contaminação e degradação, o relevo caracteriza-se como ondulado, a estrutura do solo encontra-se alterada, devido à disposição inadequada dos resíduos sólidos. Verifica-se também que a drenagem natural do lixão deriva para algumas pequenas depressões no relevo formando-o em lagos. Coletou-se amostras

de solo para análise laboratorial de acordo com protocolos estabelecidos. Em seguida, avaliou-se a qualidade da água, com foco nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Utilizou-se indicadores de qualidade da água para medir parâmetros como pH, turbidez e presença de metais pesados. A cobertura vegetal e a biodiversidade, foram mapeadas, identificando espécies nativas e invasoras, bem como avaliando o estado de conservação dos habitats naturais.

Conduziu-se uma análise detalhada do PRAD específico da área de estudo. Esse processo envolveu a avaliação dos documentos do projeto, incluindo o diagnóstico ambiental inicial, os objetivos de recuperação, as técnicas propostas e os resultados esperados. A análise também contemplou a revisão dos relatórios de progresso e monitoramento, a fim de avaliar a eficácia das intervenções realizadas e identificar quaisquer ajustes necessários no plano de recuperação.

Procedeu-se à avaliação dos impactos ambientais da degradação e das intervenções de recuperação propostas no PRAD. Essa avaliação foi baseada em indicadores ambientais previamente estabelecidos, permitindo medir os efeitos das atividades de recuperação sobre o solo, água, flora e fauna. A análise dos impactos ambientais seguiu as recomendações de Moraes (2023) e foi essencial para ajustar as estratégias de recuperação de acordo com os resultados obtidos.

Compararam-se as diferentes alternativas de recuperação apresentadas no PRAD, considerando os custos, benefícios e viabilidade técnica de cada uma. Foram utilizados critérios de sustentabilidade e eficácia para selecionar as melhores práticas, garantindo que as intervenções propostas fossem apropriadas para as condições específicas da área degradada. Essa análise permitiu otimizar os recursos e maximizar os resultados positivos do projeto.

Desenvolveu-se um plano detalhado para a implementação do PRAD, incluindo cronogramas, alocação de recursos e definição de responsabilidades. O planejamento seguiu uma abordagem participativa, envolvendo stakeholders locais para garantir a sustentabilidade e aceitação das ações propostas. A implementação foi monitorada continuamente para identificar e resolver quaisquer problemas emergentes, garantindo a execução eficiente do projeto.

Estabeleceu-se um sistema de monitoramento contínuo para acompanhar o progresso da recuperação da área degradada. Esse sistema incluiu a coleta periódica de dados ambientais e a análise comparativa com as condições iniciais e os objetivos

do PRAD. O monitoramento permitiu avaliar a eficácia das técnicas de recuperação e fazer ajustes necessários para alcançar os melhores resultados possíveis.

Esta metodologia, fundamentada em Moraes (2023), proporcionou uma abordagem abrangente e estruturada para a recuperação da área degradada, assegurando que todas as etapas do PRAD fossem conduzidas de forma eficaz e sustentável.

Na avaliação dos impactos ambientais, os impactos resultantes da degradação e das intervenções propostas serão medidos através de indicadores ambientais. Isto permitirá identificar e quantificar os efeitos das atividades de recuperação no solo, na água, na flora e na fauna.

Para analisar alternativas de recuperação, serão comparadas diferentes estratégias apresentadas no PRAD, considerando custos, benefícios e viabilidade técnica. As melhores práticas serão selecionadas com base em critérios de sustentabilidade e eficácia.

O planejamento e a implementação incluem o desenvolvimento de um plano detalhado, com cronograma para a execução das ações de recuperação, a alocação de recursos e a definição clara de responsabilidades entre os envolvidos. A participação comunitária é essencial nesta fase, envolvendo as partes interessadas locais em todas as fases do planejamento para garantir a sustentabilidade e aceitação das ações propostas. Serão realizados workshops e reuniões comunitárias para promover a consciência ambiental e o envolvimento da comunidade.

Finalmente, estabeleceu-se um sistema contínuo de monitorização e avaliação. Isto incluirá a recolha periódica de dados ambientais para acompanhar o progresso da recuperação, bem como a avaliação contínua da eficácia das técnicas implementadas. Serão feitos ajustes nas estratégias de recuperação com base nos resultados obtidos e nas novas informações coletadas.

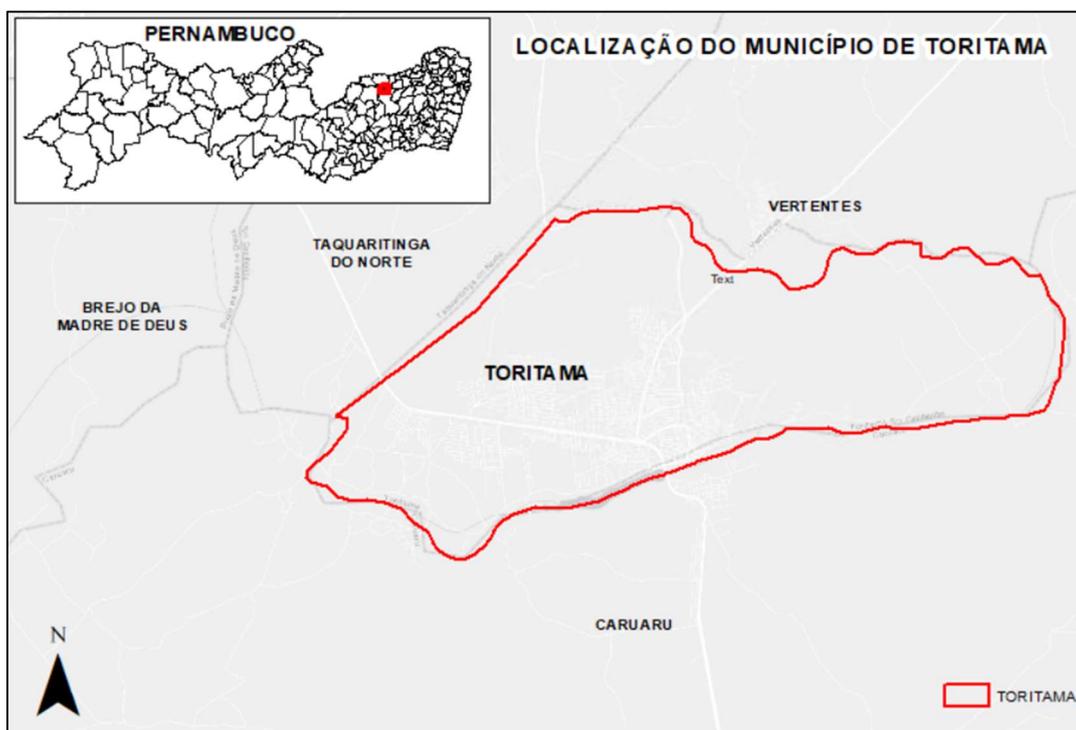
Essa metodologia, baseada em fontes como Moraes (2023), oferece uma abordagem robusta e estruturada para a recuperação de áreas degradadas, garantindo que todas as etapas do PRAD sejam conduzidas de forma eficaz e sustentável.

3.1 Área de estudo

O município de Toritama - PE (Figura 1), situado na região Agreste do estado de Pernambuco, é reconhecido por sua localização estratégica e características geográficas particulares. Conforme o Censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população local é de 41.137 habitantes, com uma densidade demográfica de 1.600,41 habitantes por quilômetro quadrado, refletindo uma significativa concentração populacional em uma área relativamente limitada de 25,704 km². Em 2010, o censo apontava uma população de 35.554 habitantes, que se estimou em 39.026 em 2016, demonstrando um crescimento contínuo ao longo dos anos.

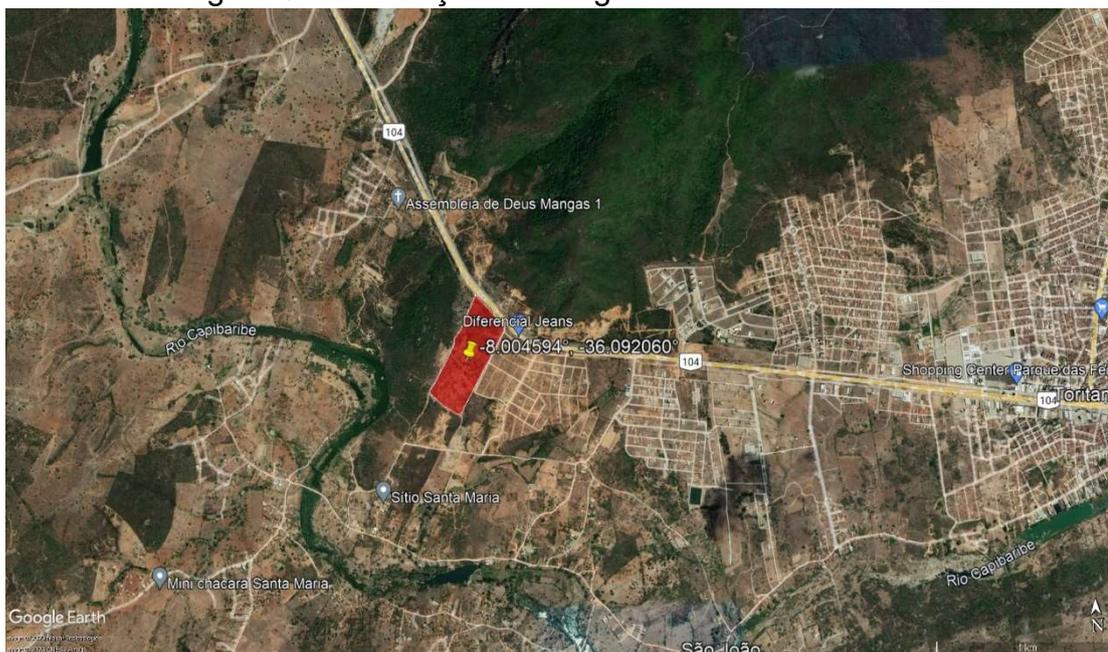
Geograficamente, Toritama - PE está posicionada a uma latitude de 08°0'24" sul e a uma longitude de 36°03'24" oeste, com uma elevação de 349 metros acima do nível do mar. Sua localização no Agreste Pernambucano, região caracterizada por um clima semiárido, implica em desafios ambientais específicos, especialmente em relação à gestão de resíduos sólidos.

Figura 2: Localização do Município de Toritama - PE



Fonte: PRAD Toritama-PE, 2023.

Figura 3: Localização do Antigo Lixão de Toritama-PE



Fonte: Google Earth, 2023.

O antigo lixão de Toritama – PE estava localizado nas coordenadas 8°0'15.52" sul e 36°5'31.26" oeste, próxima a BR – 104, ocupando uma área total de 11,2986 hectares. O lixão foi desativado no dia 22 de dezembro de 2017 quando o município de Toritama passou a transportar os resíduos sólidos urbanos para a Central de Tratamento de Resíduos, aterro sanitário, que fica localizado próximo ao distrito Rafael do município de Caruaru.

A quantidade de lixo gerada foi diretamente influenciada pela população, considerando uma taxa de geração per capita de 1,23 kg por habitante por dia, conforme os dados do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco.

Durante o período de funcionamento, com uma população de 39.026 habitantes, a quantidade diária de lixo era estimada em 48.001,98 kg, o que equivale a aproximadamente 48 toneladas. Mensalmente, esse número ascendia a 1.440.059,4 kg (1.440,059 toneladas), e anualmente atingia 17.280.712,8 kg (17.280,71 toneladas). Esses valores são indicativos do impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado de resíduos e da necessidade de implementação de práticas de gestão mais sustentáveis para o futuro.

A administração da área do antigo lixão, bem como os esforços para a sua remediação, estão sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Toritama - PE,

localizada na Avenida Dorival José Pereira, nº 1370, no Parque das Feiras. O CNPJ da prefeitura é 11.256.054/0001-39, e o contato pode ser feito através do e-mail prefeitura@toritama.pe.bov.br. O representante legal é Edilson Tavares de Lima.

A caracterização e diagnóstico da área do antigo lixão de Toritama - PE sublinham a relevância de ações de gestão eficazes para mitigar os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos. A compreensão detalhada dos dados populacionais e das práticas de geração de resíduos são essenciais para a formulação de estratégias de recuperação e para o desenvolvimento sustentável do município. A transição para práticas mais sustentáveis e a remediação da área são passos cruciais para a melhoria da qualidade ambiental e da saúde pública em Toritama - PE.

3.2 Caracterização da área degradada

3.2.1 Área degradada

O diagnóstico tem por finalidade mostrar a atual situação da área do lixão de Toritama. Para sua elaboração foram realizados levantamentos em duas etapas: a primeira etapa consistiu em levantamento bibliográfico e a segunda em visitas in loco.

Para sua elaboração foram utilizados como base os dados bibliográficos e cartográficos disponibilizados pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE (SECTMA, 1998), Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco (SECTMA, 2006) e o Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1983). Também se utilizou informações do Serviço Geológico do Brasil - CPRM contidas no trabalho denominado Diagnóstico do Município de Cortês (CPRM/PRODEEM, 2005).

Com o objetivo de gerar subprodutos que pudessem ser complementados com informações mais detalhadas e atuais, foram utilizadas imagens LANDSAT 8. Com base nas informações geradas em escritório, foram realizados trabalhos de comparação em campo e confrontados os padrões distintos da paisagem local, permitindo a realização do diagnóstico ambiental do antigo lixão de Toritama.

Na área do Lixão o relevo caracteriza-se como ondulado, conforme apresentado nas Figuras a seguir.

Figura 4: Área do entorno do Lixão



Fonte: PRAD Toritama-PE, 2023.

A estrutura do solo encontra-se alterada, devido à disposição inadequada dos resíduos sólidos, onde existem resíduos que são classificados como perigosos, apresentando potenciais altos de contaminação do solo, tais como: chorume, embalagens de óleo de oficina, pneus, lâmpadas, produtos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, conforme apresentado nas Figuras 5 e 6.

Figura 5: Solo alterado, concentração de resíduos sólidos.



Fonte: PRAD Toritama-PE, 2023.

Figura 6: Solo alterado, concentração de resíduos sólidos.



Fonte: PRAD Toritama-PE, 2023.

Verifica-se também que a drenagem natural do lixão deriva para algumas pequenas depressões no relevo formando-o em lagos, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7: área de drenagem do Antigo lixão.



Fonte: PRAD Toritama-PE, 2023.

3.2.2 Meio Social

Os riscos associados à ocupação de áreas de lixões podem ser ainda mais severos quando não são adequadamente avaliados. O levantamento adequado dos riscos depende de um estudo detalhado dos processos que podem levar um receptor a um potencial exposição de um receptor a um contaminante, seja ele proveniente de um determinado compartimento do meio físico impactado ou proveniente de fontes de emissão de processos industriais.

A Avaliação de Risco à Saúde Humana pode ser definida como sendo o processo qualitativo e/ou quantitativo utilizado para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde, decorrentes da exposição humana a substâncias perigosas presentes em áreas contaminadas (USEPA, 1989; ATSDR 2005).

Do parecer sobre o Meio Social: é desativado; sem a presença de catadores, animais ou pessoas diversas. Sobretudo considera-se uma pequena área de deposição de resíduos do lixão, as características pedológicas e geomorfológicas, a distância de 2,6 km para a sede Municipal, observa-se que o risco de contaminação advinda do lixão é muito baixo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação dos Impactos Ambientais

O diagnóstico ambiental da área degradada do antigo lixão de Toritama, PE, revela uma série de impactos significativos no meio físico, biótico e socioeconômico, decorrentes do uso inadequado do solo para a disposição de resíduos sólidos. O objetivo deste diagnóstico é fornecer uma avaliação dos impactos ambientais - AIA observados e propor medidas mitigadoras adequadas para a recuperação da área.

No ambiente físico, os impactos observados incluem contaminação e degradação do solo, poluição dos recursos hídricos, emissões de gases e odores, e alterações na paisagem e riscos de erosão. A contaminação do solo ocorreu devido à disposição inadequada de resíduos, resultando na infiltração de chorume que compromete a qualidade do solo. Este problema também afeta os recursos hídricos, uma vez que os lixiviados atingem corpos hídricos superficiais e subterrâneos, poluindo as águas subterrâneas. A decomposição dos resíduos orgânicos no aterro contribuiu para a emissão de gases como metano e outros compostos, além de causar

mau cheiro no local. Além disso, a disposição irregular de resíduos modificou a topografia local, criando riscos de erosão que podem comprometer a estabilidade do solo e a geomorfologia da área.

A disposição inadequada de resíduos no antigo aterro de Toritama - PE causou grave contaminação e degradação do solo. Os lixiviados, líquidos gerados pela decomposição de resíduos, infiltraram-se no solo, carregando contaminantes tóxicos como metais pesados e compostos orgânicos. Esta infiltração comprometeu a qualidade do solo, tornando-o impróprio para uso agrícola ou para a regeneração natural da vegetação. Além disso, a estrutura física do solo foi alterada, resultando em compactação e perda de porosidade, o que prejudica a capacidade de infiltração de água e a saúde do ecossistema do solo.

A contaminação das águas superficiais e subterrâneas é um dos impactos mais críticos observados. Os lixiviados percolaram pelo solo, atingindo corpos d'água subterrâneos, como lençóis freáticos, e corpos d'água superficiais, como riachos e lagos próximos. Isto resultou em elevados níveis de poluição, com presença de substâncias tóxicas que podem comprometer a potabilidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos. Além disso, a proximidade das fontes de água contaminada com o aterro aumenta o risco de contaminação da água utilizada pela população para consumo e atividades agrícolas.

A decomposição dos resíduos sólidos no aterro gerou a emissão de gases, principalmente metano, poderoso gás de efeito estufa, além de compostos orgânicos voláteis que contribuem para o mau cheiro característico das áreas de disposição de resíduos. A eventual queima de resíduos também libera substâncias tóxicas, como dióxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio, que afetam a qualidade do ar e representam riscos à saúde humana e ambiental. O odor desagradável proveniente da área degradada era uma fonte constante de desconforto para a população que vivia nas proximidades.

A paisagem foi significativamente alterada pela disposição irregular de resíduos, resultando em pilhas de lixo que modificaram a topografia local. Essa mudança na paisagem não afeta apenas a estética da área, mas também aumenta o risco de erosão, principalmente em períodos de chuvas intensas, quando solos instáveis e resíduos podem ser transportados para áreas adjacentes, causando sedimentação e outros problemas ambientais.

Tabela 01: Impacto físico

Componente	Impacto Observado	Descrição
Solo	Contaminação e degradação	A disposição inadequada de resíduos sólidos resultou na contaminação do solo por lixiviados.
Recursos Hídricos	Poluição de corpos d'água superficiais e subterrâneos	Lixiviados infiltraram-se e atingiram os lençóis freáticos, contaminando águas subterrâneas.
Ar	Emissão de gases e odores	Decomposição de resíduos orgânicos liberou metano e outros gases, além de causar mau cheiro.
Geomorfologia	Alteração na paisagem e riscos de erosão	A disposição irregular de resíduos afetou a estabilidade do solo e a topografia local.

Fonte: Autor (2024)

No ambiente biótico, a degradação ambiental resultou na destruição e fragmentação de habitats naturais, reduzindo a biodiversidade da vegetação nativa. A vegetação original foi removida, prejudicando a cobertura vegetal e a estabilidade ecológica. A fauna local também foi afetada, com redução significativa na diversidade de espécies nativas.

A vegetação original do local foi totalmente destruída para dar lugar ao lixão, resultando na perda da cobertura vegetal e na fragmentação dos habitats naturais. As espécies vegetais nativas foram substituídas por vegetação oportunista que se desenvolve em condições adversas, muitas vezes composta por espécies invasoras que não contribuem para a estabilidade ecológica do ambiente. A ausência de cobertura vegetal adequada também compromete a estabilidade do solo, contribuindo para a erosão e degradação do habitat.

A fauna local foi severamente impactada pela degradação ambiental do aterro. As espécies nativas que dependiam da vegetação original para alimentação e abrigo foram forçadas a se mudar ou enfrentariam a extinção local. Em seu lugar surgiram espécies sinantrópicas, como roedores e insetos, que se adaptaram às novas condições impostas pela presença de resíduos. Estas espécies são frequentemente

vectores de doenças e competem de forma desvantajosa com a fauna nativa, contribuindo para a redução da biodiversidade.

Tabela 02: Impacto biótico

Componente	Impacto Observado	Descrição
Vegetação	Destruição e fragmentação de habitats	A área original de vegetação nativa foi removida, reduzindo a biodiversidade local.
Fauna	Redução da diversidade e mudança nos hábitos alimentares	Espécies nativas foram substituídas por espécies sinantrópicas atraídas pelo lixo.

Fonte: Autor (2024)

O impacto no ambiente socioeconómico é igualmente grave, afetando a saúde pública e a qualidade de vida das comunidades locais. A presença do lixão expôs a população a condições insalubres, favorecendo a proliferação de vetores de doenças, como moscas e ratos, que podem transmitir doenças. A qualidade de vida das pessoas que moravam nas proximidades foi deteriorada pelo mau cheiro persistente, pela presença de catadores e pela contaminação ambiental, comprometendo o bem-estar e o conforto da comunidade. Além disso, a área sofreu desvalorização, limitando o uso futuro do terreno para atividades produtivas, como agricultura ou construção, devido à contaminação residual e à necessidade de remediação.

A área do antigo lixão de Toritama - PE representava sério risco à saúde pública devido à presença de vetores de doenças, atraídos pelo acúmulo de lixo. Estas condições insalubres facilitaram a propagação de doenças infecciosas e parasitárias, colocando em risco a saúde das pessoas que vivem nas proximidades. A poluição atmosférica, resultante da decomposição de resíduos e de possíveis incêndios, também contribuiu para problemas respiratórios e outros problemas de saúde.

As condições insalubres e a contaminação ambiental contribuíram para um ambiente de desconforto e deterioração das condições de vida, desvalorizando a área e dificultando o desenvolvimento de atividades económicas e sociais saudáveis.

A contaminação do solo e da água tem afetado negativamente a economia local, especialmente em atividades como a agricultura, que depende da qualidade do solo e da água. A área degradada também sofreu uma desvalorização significativa,

limitando a sua utilização para outros fins económicos e restringindo o desenvolvimento imobiliário e outros investimentos.

Tabela 03: Impacto socioeconômico

Componente	Impacto Observado	Descrição
Saúde Pública	Risco de doenças e problemas sanitários	Proliferação de vetores de doenças (moscas, ratos) e condições insalubres afetaram a saúde.
Qualidade de Vida	Deterioração das condições de vida das comunidades locais	O mau cheiro, a presença de catadores, e a contaminação ambiental reduziram a qualidade de vida.
Economia Local	Desvalorização de terrenos e limitações para o uso futuro da área	A contaminação do solo e água limitou o uso da área para atividades agrícolas ou de construção.

Fonte: Autor (2024)

O diagnóstico ambiental do antigo aterro de Toritama - PE destaca a extensão dos impactos ambientais adversos causados pela destinação inadequada de resíduos. A contaminação do solo e da água, as emissões de gases, a destruição da vegetação e a redução da fauna nativa, além dos problemas socioeconômicos, destacam a necessidade de intervenções urgentes. A recuperação desta área requer um planejamento minucioso e ações integradas para restaurar o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população afetada.

4.2 Análise de Alternativas de Recuperação

Para mitigar os impactos ambientais identificados e promover a recuperação da área degradada, são propostas diversas medidas. Em primeiro lugar, a remediação do solo realizou-se através de técnicas de biorremediação, que envolvem a utilização de organismos vivos para remover contaminantes, restaurando a qualidade do solo. Para os recursos hídricos, serão implementados sistemas de tratamento de lixiviados e proteção de nascentes, visando melhorar a qualidade da água e prevenir novas

contaminações. Em relação à vegetação, iniciou-se com revegetação da área com espécies nativas adequadas ao bioma local, o que ajudando na estabilização do solo e promovendo a recuperação da biodiversidade. Monitorou-se a emissão de gases e odores de forma controlada para reduzir os efeitos negativos no ar. Além disso, implementou-se medidas de requalificação social, como projetos de inclusão de ex-catadores e programas de educação ambiental para a comunidade, para melhorando as condições de vida e promovendo a sustentabilidade ambiental e social da área.

A análise dos impactos ambientais - AIA no antigo aterro de Toritama - PE demonstra a necessidade urgente de ações coordenadas para recuperação da área. A contaminação do solo e da água, a poluição atmosférica, a destruição de habitats e os problemas socioeconômicos exigem uma abordagem integrada à mitigação e recuperação. As medidas propostas visam restaurar a qualidade ambiental, melhorar a saúde pública e revitalizar a economia local, contribuindo para um ambiente mais sustentável e seguro para a comunidade. A implementação destas ações é crucial para reverter os danos causados e garantir um futuro mais saudável e equilibrado para a região e os seus habitantes.

Tabela 04: Resumo dos Impactos e Medidas de Mitigação

Componente	Impacto Observado	Medidas de Mitigação
Solo	Contaminação	Descontaminação por biorremediação
Recursos Hídricos	Poluição de águas superficiais e subterrâneas	Tratamento de lixiviados e proteção das nascentes
Ar	Emissão de gases e odores	Monitoramento e controle de emissões
Vegetação	Destruição de habitats	Revegetação com espécies nativas
Fauna	Redução da diversidade	Introdução de fauna local
Saúde Pública	Risco de doenças	Melhoria das condições sanitárias
Qualidade de Vida	Deterioração das condições de vida	Programas de inclusão e educação
Economia Local	Desvalorização de terrenos	Planejamento e recuperação da área

Fonte: Autor (2024)

A implementação destas medidas visa a recuperação ecológica e reabilitação socioeconômica da área degradada, contribuindo para um ambiente mais sustentável e seguro para a comunidade de Toritama - PE.

A análise de alternativas de recuperação do antigo aterro sanitário de Toritama - PE, é fundamental para definir a melhor estratégia de reabilitação da área degradada. Esta análise considera diferentes abordagens, avaliando seus benefícios, limitações e potenciais impactos no meio ambiente e na comunidade local.

Uma das alternativas consideradas é o fechamento e cobertura com terra vegetal. Esta abordagem envolve a estabilização dos resíduos existentes e a aplicação de uma camada de solo sobre o aterro. O principal objetivo é isolar os resíduos para evitar a contaminação contínua do solo e das águas subterrâneas, enquanto a cobertura com solo vegetal promove a regeneração da vegetação nativa. Os benefícios desta alternativa incluem a redução de odores e emissões de gases de efeito estufa, evitando a infiltração de lixiviados e melhorando a estética da área. Porém, a eficácia desta solução depende da manutenção contínua da cobertura, pois a compactação do solo pode prejudicar o crescimento da vegetação e exigir ações corretivas periódicas.

Outra alternativa é a remediação e biorremediação do solo, que utiliza técnicas para remover ou neutralizar contaminantes presentes no solo por meio de processos biológicos, como a ação de microrganismos e plantas. Esta abordagem é eficaz na redução de contaminantes e na restauração da qualidade do solo, permitindo a utilização futura para fins agrícolas ou de construção. Contudo, os elevados custos de implementação e a necessidade de monitorização constante podem limitar a sua aplicação. Além disso, a eficácia da biorremediação pode variar de acordo com as condições ambientais e a natureza dos contaminantes.

A instalação de sistemas de tratamento de chorume é outra alternativa analisada. Esta abordagem centra-se no controlo e tratamento dos líquidos gerados pela decomposição de resíduos, evitando a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. A instalação de sistemas de tratamento pode conter e tratar eficientemente os lixiviados, melhorando a qualidade da água e permitindo o uso seguro para atividades agrícolas ou industriais. No entanto, esta solução requer tecnologias avançadas e elevados custos de implementação e operação, bem como manutenção regular para garantir o seu funcionamento contínuo.

Transformar a área em parque urbano também é considerada uma alternativa viável. Este plano propõe converter a área degradada em espaço de lazer e recreação, com vegetação nativa e infraestrutura para a comunidade. A criação de um parque urbano melhora a qualidade de vida dos moradores locais, proporciona espaços verdes e promove a educação ambiental. No entanto, esta abordagem requer um planejamento significativo e altos investimentos para a construção e manutenção das instalações. Além disso, é necessário garantir que a área esteja devidamente descontaminada para ser segura aos visitantes.

Por fim, a recuperação paisagística e o reflorestamento visam moldar a paisagem e instalar vegetação arbórea nativa para estabilizar o solo e promover a biodiversidade. Esta abordagem melhora a estabilidade do solo, reduz os riscos de erosão e aumenta a biodiversidade, criando habitats para a fauna local. O reflorestamento contribui para a recuperação ecológica da área, promovendo um ambiente saudável e equilibrado. No entanto, este processo é lento e requer monitorização e manutenção contínuas para garantir o crescimento adequado das plantas e a recuperação sustentável do ecossistema.

Tabela 05: Tabela Comparativa das Alternativas de Recuperação

Alternativa	Benefícios	Limitações	Impactos Potenciais
Encerramento e Cobertura com Solo Vegetal	Redução de odores e lixiviados, regeneração vegetal.	Necessidade de manutenção contínua.	Melhoria estética, estabilidade ambiental.
Remediação e Biorremediação do Solo	Redução efetiva dos contaminantes, restauração do solo.	Custos elevados, variabilidade de eficácia.	Restauração da qualidade do solo e da água.
Transformação em Parque Urbano	Melhoria da qualidade de vida, criação de espaço verde.	Planejamento e investimento significativos.	Enriquecimento urbano, aumento da biodiversidade.

Instalação de Sistemas de Tratamento de Lixiviados	Contenção e tratamento eficaz dos lixiviados.	Tecnologias avançadas, custos elevados.	Redução dos riscos de contaminação das águas.
Recuperação da Paisagem e Reflorestamento	Melhoria da estabilidade do solo, aumento da biodiversidade.	Processo lento, necessidade de manutenção contínua.	Reabilitação ecológica, benefícios climáticos.

Fonte: Autor (2024)

A análise das alternativas de recuperação do antigo aterro sanitário de Toritama - PE sugere que uma combinação de estratégias pode ser a abordagem mais eficaz. Cada alternativa apresenta benefícios e limitações específicas que devem ser consideradas no contexto local. O fechamento e a cobertura do solo oferecem uma solução imediata para estabilizar a área, enquanto a remediação e a biorremediação proporcionam uma restauração mais profunda da qualidade do solo. A transformação em parque urbano e o reflorestamento promovem a revitalização da área e benefícios de longo prazo para a comunidade e o meio ambiente. A instalação de sistemas de tratamento de lixiviados é crucial para controlar a poluição da água. A decisão final deve equilibrar os benefícios ambientais, sociais e económicos para garantir uma recuperação sustentável e eficaz.

4.3 Planejamento e Implementação do PRAD

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) é um documento essencial que estabelece as diretrizes e ações necessárias para a recuperação ambiental de áreas impactadas por atividades humanas, como o antigo lixão de Toritama, PE. O planejamento e implementação do PRAD envolvem uma série de etapas que visam restaurar o equilíbrio ambiental, melhorar a qualidade de vida da comunidade local e garantir a sustentabilidade a longo prazo.

O planejamento do PRAD inicia-se com a caracterização detalhada da área degradada, que inclui a avaliação dos impactos ambientais já descritos no diagnóstico. Essa etapa envolve a coleta de dados sobre a qualidade do solo, da água, do ar, além da análise da vegetação e da fauna local. Informações sobre a extensão da

contaminação, os tipos de resíduos presentes e o histórico de uso da área são essenciais para definir as estratégias de recuperação mais adequadas.

A partir da caracterização da área, o próximo passo é a definição de objetivos específicos para recuperação. Estes objetivos devem ser claros, mensuráveis e alinhados com a legislação ambiental e as necessidades da comunidade local. Os objetivos típicos incluem estabilizar a área, reduzir a contaminação, restaurar a vegetação nativa e melhorar a qualidade de vida dos habitantes próximos.

Após definir os objetivos, é crucial desenvolver um cronograma detalhado que inclua as fases de implementação do PRAD. O cronograma deve considerar a complexidade das ações planejadas e as condições climáticas, que podem afetar o andamento da obra. Além disso, é necessário dar tempo para a obtenção de licenças e autorizações ambientais, bem como para a mobilização de recursos humanos e materiais.

Identificar alternativas de recuperação é outro componente vital do planejamento. A análise das alternativas deve levar em conta a eficácia, os custos, o tempo de implementação e os impactos ambientais e sociais de cada estratégia. A escolha da alternativa deve basear-se em critérios técnicos e económicos, garantindo que as ações propostas sejam viáveis e sustentáveis.

Uma vez definida a alternativa de recuperação, é necessário criar um plano de ação detalhado, que descreva as atividades a serem realizadas, os métodos a serem utilizados e os recursos necessários. O plano de ação deve incluir medidas de controlo ambiental, como a gestão dos resíduos gerados durante a valorização, e a definição de indicadores de desempenho para acompanhar o andamento das atividades.

A implementação do PRAD envolve a execução das atividades previstas no plano de ação, organizadas de forma sequencial e metódica. A primeira etapa da implantação é a preparação da área, que pode incluir limpeza de superfícies, remoção de resíduos, nivelamento do solo e construção de estruturas de contenção para evitar a propagação de contaminantes. Esta fase garante que a área esteja pronta para ações posteriores de recuperação.

Em seguida, são realizadas ações de recuperação, como instalação de coberturas de solo, plantio de vegetação nativa e implantação de sistemas de tratamento de lixiviados. Estas atividades devem seguir as melhores práticas ambientais e técnicas para garantir a eficácia e a sustentabilidade da recuperação.

A monitorização contínua é essencial durante toda a fase de implementação e após a conclusão das atividades de recuperação. O monitoramento envolve análises periódicas da qualidade do solo, da água e do ar, bem como avaliação do desenvolvimento da vegetação e da saúde da fauna local. Este processo permite identificar desvios ou problemas e tomar medidas corretivas, se necessário, para garantir que os objetivos do PRAD sejam alcançados.

O envolvimento da comunidade local também é um componente vital para o sucesso do PRAD. A participação comunitária inclui consultas públicas, campanhas de educação ambiental e engajamento dos moradores nas atividades de recuperação e manutenção da área. O apoio e a colaboração da população são cruciais para garantir a continuidade das ações de recuperação e o uso sustentável da área recuperada.

Tabela 06: Principais Etapas do Planejamento e Implementação do PRAD

Etapa	Descrição	Objetivo
Caracterização da Área	Coleta de dados sobre o solo, água, ar, vegetação e fauna.	Avaliar os impactos ambientais e definir estratégias de recuperação.
Definição de Objetivos	Estabelecimento de metas claras e mensuráveis para a recuperação da área.	Orientar as ações de recuperação de forma eficaz.
Desenvolvimento do Cronograma	Planejamento das fases de implementação, considerando tempo e condições ambientais.	Organizar a execução das atividades de recuperação.
Identificação de Alternativas	Análise e escolha das estratégias de recuperação mais adequadas.	Selecionar a abordagem mais viável e sustentável.
Elaboração do Plano de Ação	Detalhamento das atividades, métodos, e recursos necessários.	Garantir a execução eficiente das ações de recuperação.

Preparação da Área	Limpeza, remoção de resíduos, e preparo do terreno.	Preparar a área para a implementação das ações de recuperação.
Execução das Ações de Recuperação	Realização das atividades de recuperação conforme o plano de ação.	Implementar as estratégias de recuperação.
Monitoramento e Controle	Avaliação contínua do desempenho das ações e detecção de problemas.	Assegurar o sucesso das atividades e corrigir desvios.
Correção de Desvios	Implementação de medidas corretivas quando necessário.	Ajustar as ações para alcançar os objetivos estabelecidos.
Envolvimento da Comunidade	Consulta pública, educação ambiental, e engajamento da população.	Garantir a participação e apoio da comunidade local.

Fonte: Autor (2024)

O Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) localizado no município de Toritama-PE é estabelecer os requisitos, condições e diretrizes técnicas e administrativas necessárias para a recuperação e reabilitação ambiental das áreas degradadas, promovendo a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente. O projeto busca a implementação de medidas e ações efetivas que contribuam para a recuperação dos recursos naturais, a promoção da biodiversidade, a conservação do solo e da água, além de proporcionar benefícios socioeconômicos para a comunidade local.

O projeto é dividido em três áreas:

- Área Solar
- Área Administrativa
- Área do Parque Ambiental

Figura 8: Planta de áreas.



Fonte: PRAD Toritama, 2023.

O objetivo da área do parque é promover a recuperação ambiental, com ênfase no reflorestamento e na preservação dos recursos hídricos. Foram realizadas atividades de plantio de espécies vegetais nativas, levando em consideração a composição ecológica original da região, para restaurar a biodiversidade e a cobertura vegetal adequada. Além disso, foram construídos barreiros de contenção de água para o armazenamento e controle do escoamento pluvial, visando à retenção e infiltração da água no solo.

Para o reflorestamento da área do parque foram plantadas árvores nativas da caatinga, a cada 8 metros de distância aproximadamente. Dentre as espécies mais comuns na Caatinga, encontram-se cactos, orquídeas e bromélias, que conseguem sobreviver nessas condições extremas. As árvores são geralmente dotadas de cascas grossas, enquanto as hastes apresentam espinhos como uma forma de proteção contra a seca e os herbívoros, como angico, aroeira-vermelha, carnaúba, catingueira, cumaru, umbuzeiro, entre outras.

A área solar tem por objetivo implantar uma usina solar fotovoltaica devidamente dimensionada e estruturada, onde serão instalados painéis solares para a captação da radiação solar, inversores para a conversão da energia solar em energia elétrica, além de estruturas de suporte e sistemas de cabeamento adequados. A usina solar terá capacidade para gerar uma quantidade específica de energia elétrica, a fim de suprir as demandas energéticas estabelecidas para o projeto, contribuindo para a

redução das emissões de gases poluentes e a utilização de fontes de energia limpa e renovável.

Por fim, a área administrativa será construída para proporcionar um ambiente funcional e adequado para o gerenciamento e controle das atividades do projeto. A guarita de controle de acesso será construída de forma a garantir a segurança e o monitoramento da área, e estacionamento para funcionários e visitantes. Nas instalações administrativas, serão incluídos espaços para sala administrativa, sala de reunião, banheiros, copa, recepção e demais dependências necessárias para a equipe responsável pelo PRAD. Além disso, a sementeira será projetada e construída para a produção e cultivo de mudas de espécies vegetais nativas que serão utilizadas no processo de reflorestamento e para alimentação.

4.3.1 Cronograma físico

Quadro 1: Cronograma de Execução dos Programas

Etapa	Medida	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Recuperação da área do antigo lixão;	1. Limpeza superficial de resíduos acumulados na área do antigo lixão	X	X										
Recuperação da área do antigo lixão;	2. Recuperação das áreas degradadas			X	X	X	X	X					
Recuperação da área do antigo lixão;	3. Plantio de espécies nativas nas áreas degradadas						X	X	X				
Recuperação da área do antigo lixão;	4. Monitoramento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Prefeitura de Toritama - PE (2023)

Quadro 2: Proposta de Periodicidade de entrega dos Relatórios de Execução das

medidas

Cronograma de entrega dos relatórios de execução											
Meses de entrega de cada relatório de execução											
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1 - 4	1 - 4	2 - 4	2 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	4	4	4	4

Fonte: Prefeitura de Toritama - PE (2023)

Os relatórios serão apresentados na seguinte estrutura englobando e descrevendo as atividades respectivas:

1. Limpeza superficial de resíduos acumulados na área do antigo lixão.
 - 1.1. Catação manual
 - 1.2. Transporte do lixo para aterro
 - 1.3. Sinalização
 - 1.4. Umedecção de vias

2. Recuperação da área degradada
 - 2.1. Manejo do plantio (solo, adubação, formigas, coveamento)
 - 2.2. Colocação de estruturas atrativas de animais
 - 2.3. Acompanhamento de Processos Erosivos
 - 2.4. Gestão de resíduos sólidos e efluentes líquidos
 - 2.5. Uso de Equipamento de Proteção Individual - EPI
 - 2.6. Monitoramento da qualidade de água subterrânea
 - 2.7. Diques e drenagem de águas pluviais

3. Plantio de espécies nativas
 - 3.1. Aquisição de mudas e sementes
 - 3.2. Plantio de mudas e sementes
 - 3.3. Manutenção
 - 3.4. Replantio

4. Monitoramento
 - 4.1. Limpeza superficial de resíduos acumulados na área do antigo lixão
 - 4.2. Recuperação da área degradada
 - 4.3. Plantio de espécies ativas

Iniciou-se por recolher manualmente os resíduos visíveis, removendo detritos de diversas naturezas e tamanhos. Após a coleta, os resíduos foram transportados para aterro licenciado, garantindo a destinação final adequada. Para garantir a segurança das equipes e visitantes, instalou-se sinalização indicando áreas de trabalho e vias de acesso. Durante as operações, as estradas foram umedecidas

regularmente para controlar a emissão de poeira e manter condições ambientais favoráveis.

No manejo do plantio, preparou-se o solo com cuidado, utilizando adubo orgânico e técnicas de escavação adequadas para facilitar o estabelecimento saudável das espécies vegetais. Além disso, foram instaladas estruturas como poleiros artificiais, amontoados de pedras com troncos ocos, entre outras, para atrair animais e promover a recolonização da fauna local. Monitorizou-se continuamente os processos de erosão, implementando medidas de contenção conforme necessário. A gestão rigorosa dos resíduos sólidos e efluentes líquidos foi essencial para evitar a contaminação ambiental. Além disso, verificou-se regularmente a qualidade das águas subterrâneas e o controle das águas pluviais através de diques e sistemas de drenagem para controlar as águas pluviais e prevenir problemas de erosão. Todos os colaboradores utilizaram Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados para garantir sua segurança durante as atividades.

Foram compradas mudas e sementes de espécies nativas de fornecedores certificados para promover a biodiversidade local. As mudas foram plantadas cuidadosamente de acordo com um plano específico, garantindo sua distribuição adequada e promovendo um ambiente saudável de cultivo. Estabeleceu-se um programa de manutenção regular para garantir o desenvolvimento sustentável das plantas ao longo do tempo, incluindo replantio quando necessário.

Monitoramento periódico da eficácia da limpeza de superfícies, avaliando a remoção dos resíduos acumulados. Além disso, acompanhou-se de perto o andamento da recuperação da área degradada, observando o estabelecimento de espécies vegetais e controlando possíveis processos erosivos. O crescimento e a adaptação das espécies nativas foram acompanhados para avaliar o sucesso do plantio e sua contribuição para a restauração ambiental.

Vale ressaltar que as etapas de recuperação do parque ambiental foram executadas no prazo pré-estabelecido, não havendo atrasos, porém a construção da área solar e administrativa não seguiu o cronograma de execução, ambas as áreas não tiveram sequer suas construções iniciadas, a Prefeitura Municipal de Toritama justificou os atrasos no cronograma com a falta de recursos financeiros para execução da obra.

CONCLUSÃO

A conclusão do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) destaca a complexidade e a importância de abordar a degradação ambiental de forma sistemática e integrada. A degradação das áreas naturais, intensificada pela agricultura intensiva, pela exploração descontrolada dos recursos e pela expansão urbana desordenada, representa um desafio significativo para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida das comunidades afetadas. Este trabalho demonstrou que a recuperação dessas áreas é viável e necessária, desde que sejam utilizadas estratégias que combinem abordagens técnicas eficazes, conformidade legal e participação ativa da comunidade (Fernandes, 2019).

A revisão bibliográfica forneceu base teórica e técnica necessária para o desenvolvimento de estratégias eficazes de recuperação ambiental da área degradada. Por meio de análise de estudos científicos, relatórios técnicos, legislações ambientais, foi possível identificar a metodologia do trabalho, analisar os impactos ambientais na área degradada, propor as medidas mitigadoras, detectar as melhores práticas e estratégias para a implantação do PRAD.

A avaliação do Projeto de Recuperação da Área Degradada (PRAD) do antigo lixão de Toritama evidencia avanços significativos na restauração ambiental e na requalificação do espaço anteriormente comprometido por atividades de disposição inadequada de resíduos sólidos. As ações desenvolvidas, que incluíram a descontaminação do solo por meio de biorremediação, o tratamento de lixiviados, a revegetação com mais de 500 espécies nativas da caatinga, a reintrodução da fauna local e a promoção de educação ambiental junto à comunidade, contribuíram para a efetiva recuperação da área.

Os indicadores acompanhados ao longo do período de execução (2024–2025) demonstraram resultados positivos, como a estabilização do terreno, o retorno gradual da fauna, a redução nos índices de doenças associadas ao antigo uso da área e a valorização dos imóveis no entorno. Além disso, as ações de controle sanitário e o envolvimento comunitário reforçaram a sustentabilidade do projeto.

Destaca-se que, embora a área destinada à implantação do parque ambiental tenha sido concluída conforme o cronograma, as áreas previstas para a instalação de um sistema de energia solar e de infraestrutura administrativa não foram executadas devido à indisponibilidade de recursos por parte da prefeitura de Toritama. Ainda

assim, os objetivos principais do PRAD foram amplamente atendidos, demonstrando o potencial de recuperação de áreas severamente degradadas por meio de práticas integradas, sustentáveis e participativas.

Recomenda-se que, para ser efetivo, o PRAD deve ser constantemente acompanhado, adaptado conforme as condições locais e atualizado com base nos resultados obtidos, buscando por parcerias institucionais e financeiras que viabilizem a implementação dos componentes restantes do projeto, assegurando a plena funcionalidade ecológica, social e econômica da área recuperada.

Concluindo, o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) da cidade de Toritama – PE, revelou-se uma ferramenta essencial para mitigar os impactos da degradação ambiental e restaurar a funcionalidade ecológica da área afetada. A integração de técnicas sustentáveis, conformidade legal e participação comunitária ofereceu um modelo eficaz para a recuperação ambiental. Este trabalho visa contribuir para a promoção da sustentabilidade ambiental, fornecendo subsídios para a tomada de decisões e ações práticas voltadas para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, DS. **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]. 3rd ed. rev. andenl. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 140-158. ISBN 978-85- 7455-440-2.

ANDRADE, Arthur Moreira de. **Plano de Recuperação de uma Área Degradada-PRAD: custo de execução para uma Área de Preservação Permanente-APP**. 2019.

ALVES, Lucas *et al.* **Recuperação de área degradada em zona urbana de piranhas Goias**. 2022.

BRASIL. **[Constituição (1985)]**. Constituição da República Federativa do Brasil de 1985.

BRASIL, República Federativa do. Lei Federal n. 12.305/2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso: 10 jun. 2024

BORGES, Fábio Miguel Da Silva. **Avaliação De Planos De Recuperação De Áreas Degradadas Em Áreas De Preservação Permanente Na Região Metropolitana De Goiânia**, Goiás, Brasil, 2020.

CORRÊA, Rodrigo Studart. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: Manual para revegetação**. Ed. Universa, 2007. ISBN: 8560485317

COSTA, Krislamara Miranda. **O plano de recuperação de áreas degradadas (prad) como um instrumento de conservação ambiental: uma revisão bibliográfica**. 2022.

COSTA, Mariana Katley Pereira. **Proposta de Plano de Recuperação de Área Degradada pela disposição de resíduos da construção civil e podas do município de São Gonçalo do Amarante/RN**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

COIMBRA, Diogo Oliveira *et al.* Diagnóstico da degradação ambiental em área de preservação do córrego macambira e córrego pindaíba. **Revista Uniaraguaia**, v. 14, n. 2, p. 111-131, 2019.

DE CARVALHO, Regina Paula Benedetto. **Contribuições da análise de geossistemas na recuperação de áreas degradadas por mineração.** Caderno de Geografia, v. 21, n. 36, p. 13-28, 2011.

DIAS, L. E. & GRIFFITH, J. J. **Conceituação e caracterização de áreas degradadas.** In: **Recuperação de Áreas Degradadas**, Dias, L. E. & de Mello, J. W. SOBRADE/FINEP, Viçosa, MG. p. 1-7, 1998.

ERTHAL, Eduardo Santos; DA SILVA ERTHAL, GracieliManfrin; MULLER, Gerson Azulim. **Avaliação da supressão da vegetação nativa no município de Condor, Rio Grande do Sul.** Tecno-Lógica, v. 25, n. 2, p. 201-208, 2021.

FERNANDES, Laís Ferraz. **Compensação ambiental na mineração: gestão da recuperação de áreas degradadas.** 2019.

KOBIYAMA, Masato; MINELLA, Jean Paolo Gomes; FABRIS, Ricardo. **Áreas degradadas e sua recuperação.** Informe agropecuário, belo horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

LARA, Cindy Lauper de. **Avaliação de custo para recuperação de área degradada: estudo de caso Bisnau.** 2016.

LEME, Stella Carolina Peçanha. **Adequação ambiental e agrícola de uma pequena propriedade rural em Sarapuí, SP:** elaboração do PRADA da propriedade com foco na sustentabilidade. 2022. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz.

Martins, Rogério Ferreira; Frassetto, Eduardo Garcia. **Plano de recuperação de área degradada fazenda Santa Izabel em Santa Helena de Goiás.** 2014. Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Ambiental como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde - GO. Acadêmico de Graduação, Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde - GO, 2014.

MELO, Carlos Eduardo Silva. **Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENDES, Nathalia. **Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) - Lei nº 6938/81. 2017.** Disponível em: <https://nathymendes.jusbrasil.com.br/noticias/321528492/politica-nacional-do-meio-ambiente-pnma-lei-n-6938-81>. Acesso em: 20 de abril de 2025.

MORAIS, Andressa Bruna Lima. **Elaboração de plano de recuperação de área degradada em Lagoa da Confusão-TO.** 2021.

MORAES, J. C. **RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.** Curso de Graduação de Bacharelado em, p. 218, 2023.

Prefeitura de Toritama. **“Plano de Recuperação de Área Degradada do Antigo Lixão de Toritama – PE”**, Porsan Engenharia, 2023. João Pessoa.

RODRIGUES, Elisangela Ronconi. **Práticas em recuperação de áreas degradadas.** Editora Senac São Paulo, 2023.

REZENDE, Rafael Machado Casado de. **Supressão de vegetação e compensação florestal no estado do Rio de Janeiro no ano de 2010.** 2011.

SARAIVA, Thiago dos Santos *et al.* **Plano de recuperação para uma área degradada nos municípios de Barro Alto-BA e Ibititá-BA.** 2022.

Skorupa, L. A. *et al.* **Roteiro para elaboração de um projeto de recomposição de áreas degradadas ou alteradas.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2021.

SANTOS, Larissa Malta. **De lixão a atrativo sustentável: discussões técnicas e legais à respeito da recuperação de área degradada do lixão de Alto Paraíso de Goiás-GO.** 2022.

SANTOS, Natacha Gabriela Brun dos. **Gestão do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas: Estratégia para Aperfeiçoamento.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, MT. 2013.

SILVA, Charlene dos Santos da *et al.* **Proposta de um plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) para uma área desativada de mineração de seixo e areia em Laranjal do Jari-AP.** 2023.

SILVA, Letícia Stephanie Santos; POLIS, Naomi Tobará Felipe. **Adequação e implantação de projeto de restauração ecológica utilizando nucleação na área de preservação ambiental do Timburi, Presidente Prudente–SP**. 2022.

SILVA, Denisson Coelho da *et al.* **Educação ambiental e a Guarda Civil Municipal de Ananindeua**: um estudo de caso no Parque Ambiental Antônio Danúbio Lourenço da Silva. 2019.

SILVA, Rômulo Fonseca da. **Avaliação do projeto margem viva no município de Mossoró/RN**. 2020. Tese de Doutorado.

VERAS, Eliana da Conceição Rodrigues *et al.* **Reflorestamento e recuperação de áreas degradadas na bacia hidrográfica do Tarumã-Açu e sua contribuição na redução dos gases efeito estufa**. 2020.