

Elaboração de plano de recuperação de Área Degradada (PRAD) para a área de depósito de resíduos sólidos urbanos

Problemas envolvendo depósitos de resíduos sólidos urbanos (RSU) a céu aberto sempre estiveram presentes em nosso país. Em Rolim de Moura, o depósito de RSU encontra-se com suas atividades encerradas desde o ano de 2015, sendo necessárias algumas etapas para elaboração de uma metodologia de reabilitação ambiental eficiente. Assim, os objetivos deste estudo foram elaborar as principais etapas de um Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD); avaliar as características físico-químicas da água e química do solo do local; levantar o histórico da utilização da área e propor medidas de mitigação do passivo em questão. A metodologia constituiu-se de normativas, trabalhos já desenvolvidos em relação a essa temática, revisões bibliográficas, entrevistas e coleta e análise de atributos físico-químicos da água e parâmetros químicos do solo. Foi realizada a caracterização regional e local quanto ao clima, geologia, hidrologia e vegetação. Todos os parâmetros avaliados na caracterização físico-química da água estavam dentro dos intervalos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para água de reuso. Quanto às características químicas do solo constatou-se bons atributos de fertilidade, estando o local apto a revegetação. Para a proposta de adequação ambiental e recuperação com espécies florestais, a área foi dividida em três setores, de acordo com gradiente de resiliência e proximidade a fragmentos florestais adjacentes, propondo em cada área metodologias diferentes de recuperação. Como resultado da pesquisa, obteve-se um documento que apresenta as principais atividades a serem desenvolvidas na área do antigo depósito de RSU, para que problemas advindos da deposição de resíduos sejam corrigidos, com intuito de cessar o dano ambiental.

Palavras-chave: Recuperação de ecossistemas degradados; Amazônia; Lixão a céu aberto; Serviços ecossistêmicos da floresta.

Preparation of a Degraded Area recovery plan (PRAD) for the urban solid waste deposit Area

Problems involving open-air urban solid waste (MSW) deposits have always been present in our country. In Rolim de Moura, the MSW deposit has been closed since 2015, requiring some steps to develop an efficient environmental rehabilitation methodology. The objectives of this study were to elaborate the main stages of a Degraded Areas Recovery Project (PRAD); evaluate the physical-chemical characteristics of the water and soil chemistry of the site; survey the history of the use of the area and propose measures to mitigate the liability in question. The methodology consisted of regulations, works already developed in relation to this theme, bibliographic reviews, interviews and collection and analysis of physical-chemical attributes of water and chemical parameters of the soil. Regional and local characterization regarding climate, geology, hydrology and vegetation was carried out. All parameters evaluated in the physical-chemical characterization of water were within the ranges established by CONAMA resolution 357/2005 for reuse water. As for the chemical characteristics of the soil, good fertility attributes were found, with the site being suitable for revegetation. For the proposal of environmental adaptation and recovery with forest species, the area was divided into three sectors, according to the gradient of resilience and proximity to adjacent forest fragments, proposing different recovery methodologies in each area. As a result of the research, a document was obtained that presents the main activities to be developed in the area of the former MSW deposit, so that problems arising from the deposition of waste are corrected, in order to stop the environmental damage.


Keywords: Recovery of degraded ecosystems; Amazon; Open dump; Forest ecosystem services.


Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **07/05/2022**


Approved: **29/05/2022**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Aline da Silva Siqueira 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5988175983484544>
<http://orcid.org/0000-0001-5865-0362>
aline.engflorestal.siqueira@gmail.com


Ketlen Faião Alves Maltezo 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9234047802787164>
<http://orcid.org/0000-0002-5659-400X>
ketlenfaiiao@gmail.com


Lilian Vanessa Silveira Oliveira 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2619457185503653>
<http://orcid.org/0000-0003-1446-1919>
lilianvane725@gmail.com


David Braga de Castro 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2178094911281249>
<http://orcid.org/0000-0002-2130-5028>
david.braga.ifroagro2013@gmail.com

Geremias Dourado da Cunha 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1897564799872972>
<http://orcid.org/0000-0002-3172-5536>
geremiasdarwin@gmail.com

Karen Janones da Rocha 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6638379160087862>
<http://orcid.org/0000-0002-2165-3081>
karenrocha@unir.br

Kenia Michele de Quadros Tronco 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2209314957208420>
<http://orcid.org/0000-0003-0873-9582>
keniatronco@unir.br

Scheila Cristina Biazatti 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6379875277285936>
<http://orcid.org/0000-0001-5017-9780>
scheila.biazatti@unir.br

Gustavo Neco da Silva 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9119036999972271>
<http://orcid.org/0000-0002-0596-2693>
gustavoneco1@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0014

Referencing this:

SIQUEIRA, A. S.; MALTEZO, K. F. A.; OLIVEIRA, L. V. S.; CASTRO, D. B.; CUNHA, G. D.; TRONCO, K. M. Q.; BIAZATTI, S. C.; SILVA, G. N.

Elaboração de plano de recuperação de Área Degradada (PRAD) para a área de depósito de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.5, p.180-194, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0014>

INTRODUÇÃO

O aumento populacional, a intensificação dos processos industriais e o crescente consumo de bens não duráveis são fatores que fazem com que o homem produza cada vez mais resíduos sólidos. Esse fato, aliado à falta de uma política efetiva para eliminação correta desses resíduos acarretam prejuízos, no âmbito social, econômico, mas principalmente, prejuízos ambientais. Dentre esses, pode-se destacar a poluição do ar, do solo e das águas (LEITE et al., 2004), bem como danos à saúde pública com a proliferação de vetores de doenças (FEAM, 2010).

Devido a esta problemática, foi sancionada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei Federal 12.305/2010), proibindo, de imediato, o lançamento de resíduos sem tratamento e sem que o local fosse ambientalmente adequado, e, o fechamento e a recuperação dos “lixões” existentes, devendo terem sido substituídos por aterros sanitários até o ano de 2014. Logo, por diversos motivos, esses vazadouros a céu aberto ainda são encontrados em vários municípios brasileiros (MOURA et al., 2016), inclusive no estado de Rondônia. Em adição, é necessário enfatizar que nesses locais, a recuperação deve ocorrer por meio de metodologias adequadas, de acordo com as características locais.

O órgão regulador das atividades impactantes ao meio ambiente de Minas Gerais, Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2010), responsável por elaborar as diretrizes voltadas para adequação ambiental em antigos depósitos de Resíduo Sólido Urbano (RSU) do estado, destaca que o simples fechamento e abandono da área não são suficientes para sanar os danos ambientais causados, pois, os rejeitos lançados, continuarão a provocar dano ambiental por longa data. Emerge imperativo que, após o encerramento, sejam adotadas medidas ambientalmente adequadas para a integral recuperação da área e, por isso, são estabelecidas normas para a elaboração e a execução dessa recuperação. Neste sentido o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) é visto como o principal instrumento para recuperação e gestão dessas áreas. A instrução normativa (IN) IBAMA nº 04, de 13 de abril de 2011 trouxe as principais diretrizes para sua realização, podendo ser desenvolvido para vários tipos de atividades antrópicas degradadoras.

Para que seja possível a adequação ambiental dessas áreas, é importante investigar e identificar suas características, de maneira a obter dados que auxiliem na elaboração de um plano de ação efetivo que atenuem os danos causados pela disposição de resíduos. No caso do depósito de RSU de Rolim de Moura, já ocorreu a desativação seguida de limpeza da área e o próximo passo é a promoção da adequação ambiental e como consequência, trazendo consigo os serviços ecossistêmicos da floresta (SE).

Rockström (2015), afirma que a gestão dos Serviços Ecossistêmicos é um dos maiores desafios para o planejamento urbano. Vale salientar que o bem-estar humano depende direta e indiretamente dos SE fornecidos pelas florestas, tais como alimentos, água, controle de doenças, regulação do clima, realização espiritual e prazer estético (MEA, 2005; NAHLIK et al., 2012). Esses fatos só reforçam a importância do reflorestamento de áreas degradadas, como nos depósitos de Resíduo Sólido Urbano.

Logo, a presente pesquisa tem por objetivo apresentar proposta de adequação ambiental para o antigo depósito de resíduos sólidos urbanos a céu aberto do município de Rolim de Moura. Visa, assim,

realizar as principais etapas de elaboração de um PRAD, bem como a caracterização físico-química da água e solo do objeto de estudo e levantamento do histórico da utilização da área. Logo, será possível propor medidas de mitigação do passivo em questão.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área rural do município de Rolim de Moura, mais precisamente na linha 188 km 1,5 norte (Figura 1), no antigo depósito de Resíduos Sólidos Urbanos a céu aberto (RSU), de dezembro de 2019 a dezembro de 2020.

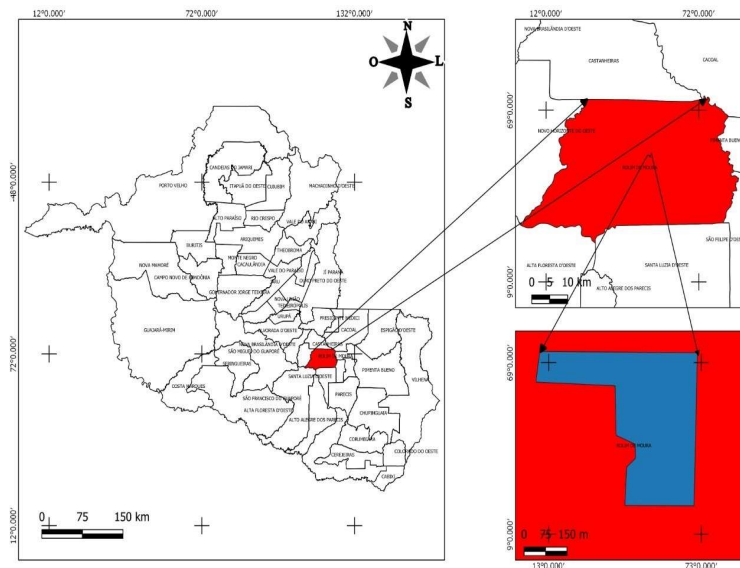


Figura 1: Mapa de localização do município e da área de estudo o antigo depósito de RSU. Rolim de Moura, 2020.

O município de Rolim de Moura encontra-se 483 km da capital, Porto Velho, inserido na Amazônia Ocidental, possui área de 1.457,888 km², com densidade demográfica de 34,74 hab/km² (IBGE, 2020). A região apresenta clima do tipo Monção (Am), com uma precipitação média anual de 2.100 mm e temperatura média de 24 a 26°C (SEDAM, 2012; ALVARES et al., 2014).

Os solos são classificados como Latossolos Vermelhos eutrófico associado com Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos (78,75%), Cambissolos distrófico associado com Argissolo Vermelho (15,88%) e Latossolos Vermelho distrófico associado com Latossolos Vermelho Amarelo distróficos (5,37%). Esses tipos de solos normalmente são profundos, em geral fortemente ácidos, com baixa saturação por bases e alumínicos (EMBRAPA, 2006).

A área onde se encontra Rolim de Moura é drenada por 2 sub-bacias: sub-bacia do Rio Muqui e sub-bacia do Rio Rolim de Moura. Na sub-bacia do rio Muqui, se encontra o Igarapé D'Alincourt e o Igarapé Manicoré (OLIVEIRA, 2016). A vegetação predominante caracteriza-se por apresentar fragmentos de Floresta Ombrófila Aberta Aluvial e Floresta Ombrófila Aberta Submontana (IBGE, 2020).

O antigo depósito de RSU localiza-se a 1,5 km do perímetro urbano ao norte e hoje totalizando uma área de 15 ha. O conhecimento da extensão e localização da degradação causada é de grande importância na tomada de decisão, visto que a dimensão da área é um fator limitante para várias técnicas de recuperação.

A Instrução Normativa IBAMA, nº 04, de 13 de abril de 2011 foi utilizada como referência para o balizamento das principais etapas na elaboração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD, dentre elas: Caracterização regional e local quanto ao clima; geologia; hidrologia e vegetação; caracterização físico-química da água, características químicas do solo; histórico de uso da área; e proposta de adequação ambiental.

A caracterização regional foi obtida por meio de literatura, incluindo sites de agências ambientais, artigos técnicos, consultas às normas e legislação e informações de trabalhos acadêmicos de relevância ao tema. Atributos da área de estudo como localização e mensuração foram obtidos por meio de imagens de satélite disponíveis no Google Earth Pro e pelo croqui fornecido pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano de Rolim de Moura (SEMMADU).

As características físico-químicas da água e características químicas do solo foram obtidas por meio de coletas e análises laboratoriais. Tais análises foram realizadas no Laboratório de Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal (REPROFlor) e Laboratório de Solos respectivamente, no *Campus* da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Para análise da água foram escolhidos dois pontos de coleta em áreas de influência direta do depósito de RSU P1 e P2, coletando-se uma amostra para cada ponto.

As amostras foram coletadas no período chuvoso, pois o curso d'água do local apresenta características intermitentes. Foram acomodadas em recipientes de polietileno asséptico cor branca leitosa e em seguida foram transportadas ao laboratório em caixa térmica contendo gelo, com temperatura variando de 4°C a 8°C, permitindo a sua conservação.

A metodologia utilizada foi a coleta e análise de parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos seguindo as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). E os parâmetros analisados foram dureza, sólidos totais, condutividade, pH, *Escherichia coli* (*E. coli*) e termotolerante.

A amostragem de solo foi realizada dentro de duas coberturas, sendo elas: área de disposição de resíduo sólido (Área 1), e área adjacente à área de disposição, ou seja, nos entornos (Área 2). Foram coletadas 15 amostras simples de cada cobertura com auxílio de enxadão nas profundidades de 0 e 60 cm. Foram alocadas em sacos de polietileno limpos e levadas ao laboratório, onde foram formadas duas amostras compostas. Depois de destorroadas e secas em temperatura ambiente, as amostras foram peneiradas para retirada dos resíduos e prosseguimento nas análises.

Com as amostras de solo coletadas, foram realizadas análises químicas, tendo como resultados os atributos: pH, Carbono Orgânico Total do Solo (C.O.S), Matéria Orgânica (M.O), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Potássio (K) e Acidez potencial (H+Al). Todas as análises foram realizadas de acordo com as metodologias da Embrapa Solos e comparadas com os valores de referências da própria instituição (EMBRAPA, 2011).

O levantamento do histórico de uso da área foi elaborado com base em entrevistas virtuais com o gestor ambiental da Secretária de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMMADU) e com o Engenheiro Florestal da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) Escritório Regional de

Rolim de Moura. Nas entrevistas foram obtidas informações pertinentes ao início da abertura dessa área, tempo de funcionamento do depósito de RSU, quantidade e tipo de materiais que eram depositados e a forma que foi feito o seu encerramento.

Já a proposta de adequação ambiental foi elaborada por meio de pesquisa descritiva, baseada em normativas, trabalhos já realizados e referências especializadas. Para a tomada de decisão foram levados em consideração alguns pontos como o nível de resiliência da área que foi a base para divisão da mesma. Em relação à escolha das espécies, levou-se em consideração as características intrínsecas de espécies e famílias, como o potencial de fitorremediação, atratividade à fauna, velocidade de crescimento e desenvolvimento, características dendrológicas, como porte, forma de copa e características silviculturais como a classificação dos grupos sucessionais. Salienta-se que as espécies indicadas são nativas da região.

A área em sua totalidade foi dividida inicialmente em dois setores, sendo eles área de disposição de resíduo sólido denominada área 1 e área adjacente, ou seja, nos entornos, denominada área 2. Em um segundo momento a área 1 foi subdividida em duas outras áreas, 1A e 1B (Figura 2), de acordo com a proximidade de fragmento florestal, sendo 1A o mais próximo ao fragmento florestal e 1B o mais distante. Dessa maneira visualizou-se um gradiente de resiliência entre as áreas, sendo indicados processos e espécies distintas para cada área de acordo com sua necessidade.



Figura 2: Demonstração da divisão das áreas de acordo com a proximidade dos fragmentos, Rolim de Moura - RO, dezembro de 2020. Data da imagem: 08 de novembro de 2020. Fonte: *Google Earth Pro*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da qualidade da água é indispensável para a garantia de um recurso com condições favoráveis para seus diversos usos. Em relação à caracterização físico-química das análises clássicas de avaliação de qualidade de água, essas tiveram valores dentro dos intervalos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para água de reuso (Tabela 1).

Os valores encontrados nas análises de dureza da água nos pontos coletados, encontravam-se abaixo de 50 mg/L expressas em termos de CaCO_3 , sendo consideradas “águas moles ou águas brandas” cuja concentração está entre 0 e 50 mg/L de CaCO_3 . Esta concentração observada não tem representação negativa para a qualidade da água do depósito de RSU. De maneira geral, este parâmetro é reconhecido pelas suas

propriedades de impedir a formação de espumas com o sabão e tem associado a si os cátions cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) e em menor escala ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}). Em adição, geralmente esse parâmetro é influenciado pela geologia da bacia de drenagem e por atividades antrópicas (RICHTER, 2009). Destaca-se que para dureza, o teor de 75 a 150 mg/L em termos de CaCO_3 é o valor máximo permitido para água (BRASIL, 2005).

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas em dois pontos do antigo depósito de resíduo sólido urbano do município de Rolim de Moura - RO.

| Pontos | Dureza (mg L^{-1}) | Sólidos totais | Condutividade $\mu\text{S cm}^{-1}$ | pH | <i>Escherichia coli</i> Ufc | Termotolerante Ufc |
|--------|----------------------------------|----------------|-------------------------------------|------|--------------------------------|-----------------------|
| P1 | 2,0 | 0,040 | 46,1 | 6,54 | 9 | 243 |
| P2 | 0,9 | 0,012 | 40,7 | 5,78 | 13 | 178 |

A concentração de sólidos totais foi considerada mínima, sendo classificadas para ambos os pontos como abaixo da concentração mínima estabelecida pela resolução CONAMA 357/2005. Deve-se ressaltar que esta concentração, considerada baixa, ocorreu devido a coleta da água ser feita em condições sobrenadantes onde os sólidos se encontram decantados, fato este que impossibilita a coleta de resíduos decantados.

Os valores de condutividade também não apresentaram riscos à qualidade da água, fato este que pode ser justificado pela baixa concentração de cargas iônicas e devido à baixa concentração de substâncias dissolvidas na água (RICHTER, 2009). Geralmente, quando a água apresenta limites superiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, esse é um indício que o ambiente sofreu impacto por atividades antrópicas. Porém mesmo estes valores sendo baixos, no decorrer do ano alguns fatores podem inesperadamente alterar o resultado deste parâmetro, como o elevado volume de chuvas (BARRETO et al., 2010).

Destaca-se que, para águas naturais, o teor de condutividade deve estar na faixa de 10 a $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, também chamada de condutividade baixa. Entretanto, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou resíduos industriais, os valores podem chegar a $1000 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. Na concepção de Esteves (2011) a condutividade elétrica, que depende da composição iônica dos corpos d'água, pode ser influenciada pelo volume de chuvas como também por resíduos que são jogados no solo, como agrotóxicos e lixos em geral.

Em relação ao pH, o ideal é que esteja próximo à faixa da neutralidade (7,0). Valores acima de 7,6 indicam alcalinidade, e pode apresentar elevados níveis de Cálcio e Magnésio tornando a água imprópria para a reutilização (IEPEC, 2008). Porém, para reuso da água deste local de estudo, é necessário ampliar os parâmetros físico-químicos de qualidade de água, pois é possível que haja grande quantidade de contaminantes biológicos nessa área. Contudo, a maior preocupação seria a contaminação do solo e água subterrânea com nitrato e patógenos (BERTONCINI, 2008). Em adição, embora nesse estudo não foi avaliado a presença de metais, este valor de pH pode aumentar a atividade de metais tóxicos na água, uma vez que nos lixões não há um processo de seletividade de destinação do lixo, sendo então recomendada essa análise, onde não foram feitas na ocasião devido à falta de equipamentos necessários no laboratório.

Entretanto, os valores de pH nesse estudo permaneceram em condições alcalinas, sendo que o valor encontrado no ponto 2 ficou abaixo do limite mínimo sugerido pela resolução CONAMA 357/2005, intervalo de 6,0 a 9,0. O aumento das chuvas tende a subir o valor do pH, aproximando-o da neutralidade pois o

aumento no volume de água faz com que a acidez desta diminua devido a ocorrência de uma maior diluição dos compostos dissolvidos (CARVALHO et al., 2000).

A concentração de coliformes totais e termotolerantes não excederam um limite de 200 unidades de colônia por 100 mililitros. Estes valores são utilizados para classificação de águas de classe I, utilizadas para consumo humano, balneários e cultivo de organismos. Porém, este único parâmetro não pode ser utilizado de referência para consumo humano (BRASIL, 2005).

A água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos, como pelo contato com a água, relacionadas com a higiene e a transmissão feco-oral. Mas o mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, onde o indivíduo sadio ingere água que contenha componentes nocivos à saúde e a presença destes componentes no organismo humano provoca o aparecimento de doenças.

Em relação às análises químicas do solo, os atributos de fertilidades avaliados apresentam os seguintes resultados (Tabela 2).

Tabela 1: Parâmetros químicos das amostras de solo coletadas em dois pontos do antigo depósito de resíduo sólido urbano do município de Rolim de Moura - RO, 2020.

| Amostra | pH | C.O.S | | M.O | P | K | Ca + Mg | | Ca | Mg | Al | H + Al | Valor S | Valor T | Valor V | |
|---------|------|-------|------|-------|------|------|---------------------|----------|-----|----|-----|--------|---------|---------|---------|--|
| | | g/Kg | % | | | | mg.dm ⁻³ | cmolc/Kg | | | | | | | | |
| | Água | CaCl | | | | | | | | | | | | | | |
| P1 | 8,4 | 7,6 | 32,5 | 5,6% | 79,2 | 0,81 | 14,3 | 12,6 | 1,7 | 0 | 0,8 | 15,1 | 15,9 | 95 | | |
| P2 | 7,8 | 7,2 | 8,5 | 1,47% | 88,5 | 0,54 | 7,1 | 6,3 | 0,8 | 0 | 1,5 | 7,6 | 9,1 | 84 | | |

Potencial hidrogeniônico em água (pH em H₂O = 1:25); fósforo (P); potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Alumínio trocável (Al³⁺); potencial hidrogeniônico em Cloreto de Cálcio (pH em solução de CaCl₂ 0,001M) hidrogênio + alumínio (H + Al); capacidade de trocas catiônica (CTC); carbono orgânico (C.O); matéria orgânica (MO). Valor soma total de bases (Valor S).

O pH do solo das amostras foi alcalino em ambas a profundidades, tanto em água como em CaCl. Esse valor foi consideravelmente superior ao descrito por Cunha et al. (2020), para solos superficiais na região rural de Rolim de Moura, quando foi verificado o valor médio de 6,44, considerados ligeiramente ácidos.

Deve-se ressaltar que o pH alcalino influenciou diretamente a concentração dos metais, em especial do alumínio, sendo que nesta condição permanece na forma de precipitado. O alumínio é especialmente tóxico em qualquer concentração em solos com pH abaixo de 5,0, mas ainda pode causar danos quando o pH é até 5,5 (GAMA, 1999).

Os valores de carbono orgânico e matéria orgânica foram considerados médios, valores acima de 17g.Kg⁻¹ e de 3%, respectivamente (SOBRAL et al., 2015). Esses atributos auxiliam na indicação das espécies florestais e o plantio dessas, pois a alta proporção de composto orgânico no solo acarreta menor crescimento e desenvolvimento das plantas. Isso deve-se, provavelmente, devido à microporosidade no substrato, reduzindo a aeração e implicando prejuízos para as raízes das mudas (CALDEIRA et al., 2008). Dessa maneira, elevar a microporosidade nesses solos é determinante para o sucesso do plantio.

A concentração de fósforo encontrada nas amostras foi alta em ambos os pontos avaliados. Estes valores estão bem além da concentração média para esse nutriente nos solos brasileiros. Esse macronutriente, quando em baixa concentração afeta o crescimento das plantas, de modo que as limitações

na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento das plantas, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados. Em geral, os solos brasileiros apresentam baixos teores de fósforo na solução do solo, pois grande parte desse nutriente encontra-se fortemente adsorvido aos colóides do solo (SANTOS et al., 2011). Ressalta-se ainda que mesmo que este macronutriente seja relevante para o crescimento das plantas, sendo considerado um dos elementos essenciais, que mais limitam a produtividade da maioria das culturas, pois o fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, devido a sua elevada afinidade com os colóides do solo, ele é um dos elementos exigidos em menor quantidade (MOTTA et al., 2002).

As concentrações de Cálcio encontram-se acima do limite padrão da EMBRAPA, quando se diz respeito a atributos de fertilidade de solos, já os valores para Magnésio estão em uma faixa de médio a alto. O cálcio ajuda a suportar o estresse das plantas e pode melhorar a estrutura, permeabilidade e infiltração de água no solo (MACEDO et al., 2011).

De maneira geral, o cálcio geralmente encontra-se em baixa concentração nos solos ácidos que são típicos do território brasileiro. Assim, a alcalinidade das amostras em estudo pode ter influenciado positivamente na expressão deste atributo físico-químico. Este nutriente participa nas funções estruturais osmóticas e de mensageiro citoplasmático (MARSCHENER, 1988; WHITE, 1998).

Ainda, a relação do cálcio e magnésio desencadeia outros processos, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes das plantas, devido às propriedades químicas muito similares, como o grau de valência e a mobilidade destes elementos (SALVADOR et al., 2011). Neste mesmo sentido, Medeiros et al. (2008), avaliando o efeito de diferentes relações entre cálcio e magnésio observaram que elevadas concentrações de Ca trocável no solo pode diminuir a absorção de Mg e K pelas plantas, em função do antagonismo existentes entre estes atributos.

De maneira geral, as concentrações de Ca, P, Mg e K respectivamente acima de $4,0 \text{ mg.dm}^{-3}$, 45 mg.dm^{-3} , $1,5 \text{ mg.dm}^{-3}$ e 120 mg.dm^{-3} , em solos, são consideradas altas de acordo com a EMBRAPA. A soma destas bases trocáveis de cálcio, magnésio e potássio indicam o grau do intemperismo do solo. Observando os atributos analisados e avaliados, a fertilidade do solo encontra-se em adequadas condições para o plantio.

A caracterização físico-química da água e química do solo do local consiste na etapa inicial de recuperação de áreas degradadas por disposição de RSU, sendo utilizada para avaliar as condições de comprometimento ambiental, bem como, auxiliar na tomada de decisão em relação às espécies arbóreas a serem implantadas.

Na maioria dos municípios rondonienses, questões relacionadas à destinação final dos resíduos sólidos sempre foram pouco debatidas e em Rolim de Moura essa questão não é diferente. A área foi adquirida pela prefeitura no ano de 1988 por meio de contrato de compra e venda, sem nenhum estudo prévio em relação ao solo, hidrografia e vegetação do local. No início das atividades a área destinada ao descarte de resíduos era de apenas 4,8296 ha. Todavia, com o aumento populacional e conseqüentemente o aumento na produção de lixo urbano, essa área se ampliou, ano após ano, hoje totalizando 15 ha.

Em relação a informações que antecedem o depósito de RSU em um trecho da entrevista, o Senhor Oliveira destacou: “A área na época era uma reserva florestal, ao decorrer dos anos com desenvolvimento e aumento da população, foi-se ampliando a área de depósito de lixo, substituindo a reserva”.

O manejo inadequado da área que acarretou a supressão da reserva existente, ocorreu pela falta de apoio técnico especializado, que poderia ter sugerido a instalação em um local não florestado, de preferência já antropizado, dado que, na época o município ainda não contava com Secretaria de Meio Ambiente, ficando a cargo da Secretaria de Obras a administração das atividades relacionadas a essa temática. Na atualidade a área conta com pequenos fragmentos florestais nos entornos, porém, esses fragmentos não são representativos da reserva florestal antecedente, devido ao alto grau de antropização.

Nesse local era depositado todo tipo de resíduo, desde domiciliar, de construção civil, e até mesmo restos de animais mortos, depositados de forma errônea pela própria população e acumulando-se. Então, no ano de 2000, já se passava de 30 toneladas de lixo, depositadas semanalmente. Neste mesmo ano iniciou-se um projeto para construção de um aterro sanitário na mesma área do depósito de RSU, prolongando a sua utilização por mais 15 anos. Porém, o projeto não teve continuidade e o entrevistado não soube explicar o porquê da paralisação da obra. Inclusive, o município na época teve que devolver a verba governamental que havia sido destinada ao projeto.

Finalmente no ano de 2015, após 27 anos de atividades, foi decretado o fechamento do ‘lixão’. Esse se deu por meio de contrato entre o Consórcio Público Intermunicipal - CINCERO e o município de Rolim de Moura, objetivando a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, ficando apenas funcionando como área de transbordo e depósito de lixo verde. Porém, mesmo anos após o fechamento, a população continua a depositar de forma irregular resíduo na área e no entorno, principalmente restos de construção civil, o que dificultou e atrasou o início da limpeza do local. Uma das causas da disposição irregular desses resíduos é a localização de fácil acesso, bem como as falhas no controle de entrada e saída de pessoas no local.

A técnica de encerramento e reabilitação escolhida foi a de desativação. Essa é definida pela FEAM (2010), que hoje é uma das instituições que trazem as diretrizes mais completas em relação a encerramento de lixões, como a técnica que envolve a remoção dos resíduos da área, avaliação das condições do solo e da água seguida de revegetação com espécies da região.

A limpeza da área iniciou em fevereiro de 2020. Então, todo o resíduo depositado foi retirado e levado para aterro sanitário no município vizinho de Cacoal, a fim de receber tratamento adequado. Em seguida, foi realizada o nivelamento do terreno e homogeneização do solo. Pensando não somente em recuperar a área superficialmente, serão propostos procedimentos que também favoreçam a recuperação do solo, como o revolvimento do mesmo numa camada de 5 a 10 cm visando a sua aeração e descompactação, principalmente nas áreas adjacentes onde houve intenso tráfego de maquinário.

Foi identificada no local a presença das espécies exóticas invasora mamona (*Ricinus communis L.*) e braquiária (*Brachiaria spp.*). Portanto, recomenda-se a retirada destas e o controle de crescimento dos propágulos remanescentes das mesmas por meio de roçadas periódicas com equipamentos adequados, visto

que são concorrentes das espécies arbóreas em fase inicial de desenvolvimento das mudas.

Caso seja constatada a existência de formigas na área, faz-se necessário o controle das mesmas 60 dias antes do plantio, durante e depois do plantio a cada 90 dias e até o final do primeiro ano. O controle químico deve ser realizado através de iscas granuladas à base de Sulfluramida ou Fipronil, pois, de acordo com The Nature Conservancy (TNC), 2013, trata-se do método mais utilizado atualmente no combate a formigas cortadeiras em florestas de uso comercial, plantadas tanto com espécies exóticas como com espécies nativas, devido à facilidade de aplicação, à baixa toxicidade e aos bons resultados de controle obtidos com a sua aplicação. Vale salientar que este tipo de controle é altamente tóxico, sendo recomendado apenas em casos extremos de ataques de formiga.

Seguindo um gradiente de resiliência, a proposta é a indicação de diferentes metodologias para recomposição da vegetação arbórea da área. Vale ressaltar que, segundo Tronco et al. (2021), a estimativa dos custos para recuperação varia em função do grau de resiliência da área que será recuperada, elevando as despesas de acordo com o aumento da degradação do solo, e diminuindo-a com base na qualidade e quantidade de regeneração natural.

Dessa maneira, na área 1A, com maior proximidade ao fragmento florestal, logo, maior facilidade de que exista regeneração natural à recomendação é a união de duas técnicas: o adensamento e a sementeira direta (Figura 3).

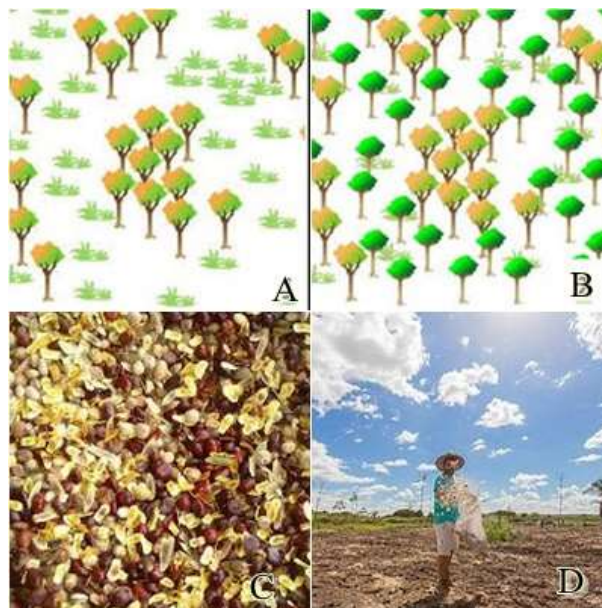


Figura 3: Demonstração das metodologias indicadas na área 1 A. Adensamento florestal (A e B); Sementeira direta ou muvuca florestal (C e D). Fonte: Bioflora Tecnologia da Restauração. Manual de restauração ecológica.

O adensamento é realizado em áreas onde há regeneração natural, mas em baixa quantidade de espécies e indivíduos. Logo, essa técnica visa ocupar os vazios dentro da área a ser recuperada. A sementeira direta, ou muvuca florestal consiste na mistura de diversas sementes de espécies arbustivo/arbóreas nativas. Dessa maneira, utilizam-se sementes de espécies nativas de início de sucessão, as pioneiras, até as tardias (secundárias tardias e climácicas). Para auxiliar na incorporação de nitrogênio e auxiliar na diminuição da intensidade luminosa ao solo, utilizam-se conjuntamente leguminosas de ciclo de vida curto, denominadas

de adubo verde (CURY, 2011). Nestas sementes, incorporam-se solo e adubos, que são lançadas na área. Esse tipo de plantio se assemelha a áreas de regeneração natural e podem prover melhores condições para recolonização de espécies nativas que não foram semeadas (CAMPOS FILHO et al., 2013).

A utilização do adensamento e da semeadura direta diminui os custos de recuperação de áreas degradadas. Como as mudas são introduzidas no local pontualmente, em locais onde o solo está exposto e não há regeneração natural próxima, os custos com a produção de mudas foram diminuídos consideravelmente. Já na semeadura direta, as sementes são distribuídas diretamente no local, a lanço ou com auxílio de implemento agrícola, sem necessidade de formação de mudas. De acordo com Instituto Socioambiental (ISA) (2009), é necessário formar um *mix* de sementes de espécies frutíferas, madeireiras, medicinais, resiníferas e oleaginosas para obter a maior variedade possível. Para a área de estudo, indica-se também a incorporação do feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* L.M. Valadão) e gergelim (*Sesamum indicum* (L) R.F.A. Veiga).

Salienta-se que essas tecnologias só podem ser realizadas com eficiência se houver certa resiliência na área, como a proximidade de fragmentos florestais, solos não compactados e o controle de gramíneas invasoras. Como essa área está próxima a fragmento florestal, e, segundo a avaliação do solo, este se encontra propício para o plantio, além de que houve a descompactação do solo nesse ponto, tais técnicas podem ser utilizadas.

Portanto, para o adensamento recomenda-se cerca de 450 mudas de espécies nativas por hectare, visto que a área 1A totaliza 3,33 ha, utilizando aproximadamente 1.500 mudas, que tenham como característica o rápido crescimento e desenvolvimento e do grupo sucessional pioneiras. No que tange a semeadura direta, indica-se a mistura de sementes de, no mínimo oito espécies florestais nativas, utilizando-se o máximo de espécies com sementes disponíveis no momento, juntamente com as espécies condicionantes do solo (feijão guandu, feijão de porco e gergelim), adubo N, P, K (formulação 4:14:08) e solo. A mistura desses componentes se dará em lona plástica, então será distribuído a lanço na área.

Na área 1 B, onde não há um contato tão próximo a fragmento florestal, a técnica indicada é a nucleação juntamente com linhas de plantio (Figura 4). Conceitua-se a nucleação como um processo natural pelo qual uma espécie ou um grupo de espécies pioneiras colonizam uma área e melhoram o ambiente facilitando a entrada de novas espécies (MARTINS, 2020). A nucleação se configura como técnica não convencional e biocêntrica de recuperação e restauração de ambientes, onde se utiliza o mínimo de insumos e busca a biofuncionalidade e resgate de interações entre os organismos vegetais e animais, possibilitando o aumento da biodiversidade local, obedecendo aos estágios naturais da sucessão ecológica de uma floresta nativa (MARIOT et al., 2008; REIS et al., 2014). Já as linhas de plantio auxiliarão para a introdução de espécies de grande porte no local, mas possibilitando a chegada de alta biodiversidade quando utilizada concomitante com a nucleação.

A técnica de nucleação se dará baseada em Reis et al. (2003), sendo que os núcleos de Anderson podem ser implantados entre renques compostos de duas linhas de plantio cada renque. Cada núcleo será composto de cinco mudas principalmente espécies atrativas a fauna, em formato de cruz sob espaçamento

0,5x0,5 m, com quatro mudas nas bordas (espécies de crescimento rápido) e uma no centro (espécie de crescimento mais lento e pertencente aos grupos sucessionais finais, como secundário tardio ou climácico). Os renques contarão com mudas de diferentes estágios sucessionais de forma intercalada sob espaçamento de 3x3.

Já na área 2, área nos entornos, considerada a de menor resiliência, indica-se a utilização do método de plantio convencional (Figura 5). Tronco et al. (2021) destacam que quanto maior a recuperação do local, menor a resiliência do mesmo e consequente elevação dos custos para sua recuperação. Áreas que sofreram perturbações por agentes degradadores necessitam de tempo para se recuperar, tendo em vista o impacto ocasionado pelos mesmos, como também da intensidade de uso dada ao solo.

Logo, o plantio convencional permite o controle da densidade de plantas no espaço, além de apresentar fácil operacionalização (RODRIGUES et al., 2015). É recomendado o plantio em linhas alternadas em um espaçamento de 3x3. Como na área A2 há 6,29 ha será utilizado o total 10.484 mudas, combinando-se espécies de diferentes grupos ecológicos pioneiras, secundárias e climácicas. Para implantação das linhas, as espécies nativas regionais podem ser divididas em dois grupos funcionais: Grupo de recobrimento, formado por espécies que possuem rápido crescimento e boa cobertura de copa; e grupo de diversidade, com espécies que não possuem rápido crescimento, mas que são fundamentais para o sucesso da área plantada.

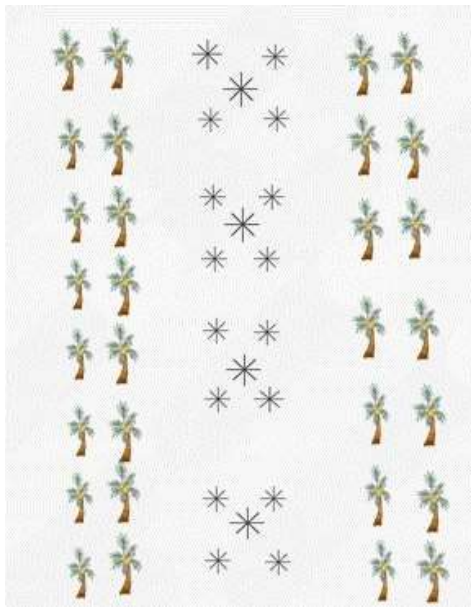


Figura 4: Demonstração das metodologias indicadas na área 1 B. Linhas de plantio intercaladas com nucleação.



Figura 5: Demonstração da metodologia indicada para área 2. Linhas de plantio intercaladas com espécies do grupo de recobrimento e espécies do grupo de diversidade.

Levando em consideração que Rolim de Moura até o ano de 2019 desmatou 1.330.6 km² (INPE, 2020) e que até este ano havia cerca de 91% de desflorestamento, a conversão desta área de antigo descarte de RSU recuperada, aumentará os índices de florestamento trazendo diversos benefícios em serviços ecossistêmicos para todos os moradores do município. Dentre os inúmeros benefícios fornecidos por áreas florestadas à sociedade destaca-se a manutenção da qualidade do ar, a regulação climática, a manutenção

da qualidade da água, o controle da erosão e a prevenção de desastres como enchentes em áreas urbanas.

Ainda, para garantir a manutenção e proteção dessa área é possível por meio da Lei Federal 9.985 de 18 de julho de 2000, a sua transformação em uma Unidade de Conservação, por meio da criação de um Parque Municipal. Ainda, destaca-se que essa é uma oportunidade de educação ambiental a toda comunidade e que, quando o PRAD é realizado de forma adequada, este eleva inclusive o Índice de Desenvolvimento Sustentável do Município. Portanto, um PRAD deve ser realizado de forma consciente e responsável, levando em consideração todas as particularidades do local, inclusive o seu histórico.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados apontados neste estudo concluem-se que: As principais etapas evidenciadas para a elaboração posterior de PRAD foram à caracterização regional e local quanto ao clima, geologia, hidrologia e vegetação; o dimensionamento e conhecimento da degradação; a caracterização físico-química da água e química do solo da área e o levantamento do histórico. Todos esses foram balizadores na escolha da metodologia proposta para a recuperação.

Na análise da água constatou-se que suas características físico-químicas estão dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente, não sendo um empecilho para o reflorestamento. Em relação às características químicas do solo, concluiu-se que está apto para receber o plantio de espécies florestais. Em relação ao histórico de uso da área, nos 27 anos de atividade do depósito de RSU a área degradada teve um acréscimo de 10,1704 ha, iniciando com 4,8296 ha e finalizando suas atividades com 15 ha degradados.

As metodologias indicadas para a recuperação referem-se ao nível decrescente de resiliência: adensamento mais semeadura direta, nucleação mais renques com duas linhas de plantio cada e plantio convencional.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. New York: APHA, 2012.

BARRETO, P. R.; GARCIA, C. A. B.. Caracterização da qualidade da água do açude Buri-Frei Paulo/SE. *Revista Ciência Plena*, v.6, n.9, 2010.

BERTONCINI, E. I.. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v.1, n.1, p.152-169, 2008.

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P.. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, v.9, n.1, p.027-033, 2008.

CAMPOS FILHO, E. M.; COSTA, J. N. M. N.; SOUSA, O. L.; JUNQUEIRA, R. G. P.. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. *Journal of sustainable*

forestry, v.32, n.7, p.702-727, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1080/10549811.2013.817341>

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L.. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. *Química Nova*, v.23, n.5, 2000.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA, 2005.

CUNHA, G. D.; STACHIW, R.; QUADROS, K. M.. Lodo de estação de tratamento de água como componente para germinação de mudas florestais. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.1, p.40-53, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0005>

CURY, R. T. S. C. O. J.. **Manual para restauração florestal:** florestas de transição. Belém: IPAM, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de**

Métodos de Análise de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESTEVES, F.. **Fundamentos de limnologia.** 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos.** Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

GAMA, N. M. S. Q.; GUASTALLI, E. A. L.; AMARAL, L. A.; FREITAS, E. R.; PAULILLO, A. C.. Parâmetros químicos e Indicadores bacteriológicos da água utilizada na dessedentação de aves nas granjas de postura comercial. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.71, n.4, p.423-430, 2004.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa n. 4. 2011.** Estabelecer procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, bem como dos Termos de Referência constantes dos Anexos I e II desta Instrução Normativa. IBAMA, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de pesquisa. **Perfil do município de Rolim de Moura.** IBGE, 2020.

IEPEC. **A importância da qualidade de água para vacas leiteiras.** Delfim Moreira: IEPEC, 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Desmatamento da Amazônia Legal.** PRODES, 2020.

ISA. Instituto Socioambiental. Plante as árvores do Xingu e Araguaia: **Manual do plantador.** São Paulo: ISA, 2009.

LEITE, C. M. B.; BERNARDES, S.; OLIVEIRA, S. A.. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chumbo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.111-115, 2004.

MACEDO, S. T.; TEIXEIRA, P. C.. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de araca-boi. **Acta Amazônica**, v.42, n.3, 2011.

MARIOT, A.; MARTINS, L. C.; VIVIANI, R. G.; PEIXOTO, E. R.. **A utilização de técnicas nucleadoras na restauração ecológica do canteiro de obras da UHE Serra do Facão**, Brasil. Florianópolis: ORB, 2008.

MARSCHNER, H.; RIMMINGTON, G.. Mineral nutrition of higher plants. **Plant Cell Environ**, v.11, n.2, p.147-148, 1988.

MARTINS, S. V.. **Restauração Florestal.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2020.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being.** Washington: Island Press, 2005.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; DALLA

ROSA, J.; GATIBONI, L. C.. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.4, p.799-806, 2008.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. M.. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.2, p.349-359, 2002.

MOURA, G. R.; SERRANO, A. L. M.; GUARNIERI, P.. Análise socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis no Distrito Federal. **Holos**, v.32, n.3, 2016.

NAHLIK, A. M.; KENTULA, M. E.; FENNESSY, M. S.; LANDERS, D. H.. Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice. **Ecological Economics**, v.77, p.27-35, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.01.001>

OLIVEIRA, J. N. A.. Associação Núcleo de Estudo de Proteção de Bacias Hidrográficas Amazônicas Olho D'água. **Revista Rolim de Moura Capital da Zona da Mata**, v.1, p.47-48, 2016.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L.. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**, v.1, n.1, p.28-16, 2003.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E.. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, v.24, p.509-519, 2014.

RICHTER, C. A.. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

ROCKSTRÖM, J.. Bounding the planetary future: why we need a great transition. **Great Transition Initiative**, 2015.

RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.. **Cartilha de Restauração Florestal de Áreas de Preservação Permanente, Alto Teles Pires, MT.** The Nature Conservancy, 2015.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C.. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v.9, n.1, p.27-32, 2011.

SANTOS, S. S. A.; CAMPOS, V. P.. Utilização de resíduo sólido de Estação de Tratamento de Água (Iodo), como matéria prima para confecção de elementos da construção civil. **Revista Virtual de Química**, v.10, n.2, 2011.

SEDAM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Boletim climatológico de Rondônia - 2010.** Porto Velho: SEDAM, 2012.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L.. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

TRONCO, K. M. Q.; OLIVEIRA, J. N. A.; ROCHA, K. J.; CUNHA, G. D.; SILVA, G. N.. Estimativa de custos na recuperação de

áreas degradadas em Rondônia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p.13353-13367, 2021.

WHITE, P. J.. Calcium channels in the plasma membrane of roots cells. **Annals of Botany**, v.81, p.173-183, 1998.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157865975964499969/>