



*Amazônia Oriental*

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

SIDNEY SANTOS PEREIRA

**Revisão sistemática de protocolos de monitoramento de restauração pós-  
mineração em florestas tropicais**

Belém  
2022

SIDNEY SANTOS PEREIRA

**Revisão sistemática de protocolos de monitoramento de restauração pós-mineração em florestas tropicais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Área de concentração: Ecologia

Linha de Pesquisa: Ecologia de Comunidades e Ecossistemas

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Maria Aparecida Lopes, Ph.D.**

Belém  
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

- P436r Pereira, Sidney Santos.  
Revisão sistemática de protocolos de monitoramento de restauração pós-mineração em florestas tropicais / Sidney Santos Pereira, Maria Aparecida Lopes . — 2022.  
vi, 46 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Aparecida Lopes  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Belém, 2022.
1. Monitoramento. 2. Restauração Ecológica. 3. Florestas Tropicais. 4. Indicadores Ecológicos. 5. Processos Ecosistêmicos. I. Título.

CDD 577.0913

---

SIDNEY SANTOS PEREIRA

**Revisão sistemática de protocolos de monitoramento de restauração pós-mineração em florestas tropicais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

COMISSÃO JULGADORA

Prof<sup>a</sup> Maria Aparecida Lopes, Ph.D.  
Universidade Federal do Pará (Presidente)

Prof. Dr. Markus Gastauer  
Instituto Tecnológico Vale

Prof. Dr. João Paulo Romanelli  
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Grazielle Sales Teodoro  
Universidade Federal do Pará

Profa. Dra. Priscila Sanjuan de Medeiros Sarmiento  
Instituto Tecnológico Vale

Dra. Sâmia do Socorro Serra Nunes  
Instituto Tecnológico Vale

Dedicado à Erlane Cunha, minha eterna parceira de Hydro Mineração, já menos jovens, mas ainda aprendizes, e a todos os homens da britagem, que fizeram me sentir um homem ridículo, mas não um homem sem sonhos.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, **Maria Aparecida Lopes**, por ensinar-me e guiar-me prudentemente sob a cortina das incertezas que a pandemia jogou sobre nós. Sua experiência e temperança me fizeram chegar até aqui.

Aos membros da banca de qualificação, **Markus Gastauer** e **Tháisa Michelan**, pelas contribuições cardeais para este trabalho.

Aos membros da banca de defesa, **Markus Gastauer**, **Grazielle Teodoro**, **João Paulo Romanelli**, **Priscila Sarmiento** e **Sâmia Nunes**.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela bolsa de estudo concedida.

À Universidade Federal do Pará (**UFPA**) e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia (**PPGECO**), pela chance de me tornar aluno do curso de mestrado, e a todo corpo técnico pelo auxílio nos assuntos acadêmicos.

Aos *migos* de sempre **Tereza Beatriz**, **Karol Paz** (e a pequena **Liz**), **Karol Maia**, **Artur Castilho** e **Lilian Fernanda**, pelo suporte emocional e motivação nos momentos mais pesados da minha vida, e às novas amigas que ganhei nesta pandemia **Ingyrd Cordeiro** e **Magali**, que tornaram Paragominas um lugar menos solitário e mais suportável para mim.

Aos meus pais, **Maria do Socorro** e **Simplicio Neto**, por me permitirem continuar estudando e sonhando, mesmo com o grande peso depositado sobre os ombros de pessoas como nós, nos fazendo viver no limite das nossas forças.

*Os ecólogos aprenderam muito sobre a estrutura e função dos ecossistemas dissecando comunidades e examinando suas partes e processos. Mas o verdadeiro teste de nossa compreensão de como os ecossistemas funcionam é nossa capacidade de recriá-los.*

John J. Ewel

## SUMÁRIO

<b>Revisão sistemática de protocolos de monitoramento de restauração pós-mineração em florestas tropicais</b>	7
<b>Resumo</b>	7
<b>Introdução</b>	10
<b>Material e Métodos</b>	13
Delineamento da Pesquisa	13
Busca e Seleção de Literatura	15
Banco de Dados	18
<b>Resultados</b>	18
<b>Discussão</b>	21
<b>Considerações Finais</b>	23
<b>Referências Bibliográficas</b>	24
Apêndice I: Terminologia da Revisão	28
Apêndice II: Checklist de Artigos Revisados	29
Apêndice III: Lista de Indicadores Ecológicos	32
Anexo I: Normas de Publicação do Periódico <i>Environmental Monitoring and Assessment</i>	37



# 1 **Revisão sistemática de protocolos de monitoramento de restauração pós-mineração em** 2 **florestas tropicais<sup>1</sup>**

3 Sidney Santos Pereira<sup>2 3</sup> & Maria Aparecida Lopes<sup>2 4</sup>

4 <sup>2</sup> Laboratório de Ecologia e Florestas Tropicais, Instituto de Ciências Biológicas,  
5 Universidade Federal do Pará, Belém, PA – Brasil.

6 <sup>3</sup> sidneyperreira@gmail.com, ORCID 0000-0003-0736-8492

7 <sup>4</sup> ORCID 0000-0002-6296-5487

## 8 **Resumo**

9 Para a maior parte das regiões tropicais do mundo, não está claro como os protocolos de  
10 monitoramento de áreas mineradas estão sendo estruturados. Revisamos os protocolos  
11 aplicados ao monitoramento das ações de restauração ecológica de áreas mineradas em  
12 florestas tropicais. Inventariamos 31 artigos de pesquisa publicados entre os anos de 1990 e  
13 2021, nas bases de artigos *Web of Science* e *Scopus*. Por meio de uma análise bibliométrica,  
14 construímos um panorama mundial das publicações. Analisamos sistematicamente os  
15 protocolos de monitoramento em termos dos indicadores que os compõem, os atributos  
16 ecológicos que contemplam, o uso de sítios de referência, a longevidade do monitoramento e  
17 os métodos de restauração que assistem. Encontramos que a maior parte das atividades  
18 restaurativas em áreas mineradas reportadas nos artigos se encontram no Brasil e na Índia. As  
19 revistas *Restoration Ecology* e *Ecological Engineering* concentram grande parte dos artigos,  
20 em sua maioria publicados entre os anos de 2017 e 2021. Em média, cada protocolo usa cerca  
21 de três indicadores, geralmente contemplando processos ecológicos do solo, mas nem todos  
22 os protocolos fazem uso de sítios de referência, alguns usam sítios com o ecossistema natural  
23 degradado. O monitoramento é feito por cronossequências que se estendem por até 30 anos.

24 Dado o modesto número de trabalhos identificados e a grande relevância do tema, esse  
25 campo de pesquisa deve continuar crescendo. Sugerimos aos gestores de projetos de  
26 restauração uma divulgação mais ampla dos resultados do monitoramento, além da promoção  
27 do engajamento ativo para além do pessoal operacional, com interesses compartilhados nos  
28 valores ecológicos e nos serviços ecossistêmicos que podem ser proporcionados pela área  
29 recuperada.

30 **Palavras-chave:** monitoramento, restauração ecológica, mineração, florestas tropicais,  
31 indicadores ecológicos, processos ecossistêmicos

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46 <sup>1</sup> Escrito sob as regras de formatação e submissão à revista *Environmental Monitoring and*  
47 *Assessment* (Anexo 1), exceto pela língua.

48

## 49 **Systematic review of post-mining restoration monitoring protocols in tropical forests**

### 50 **Abstract**

51 For most tropical regions of the world, it is not clear how protocols for monitoring mined  
52 areas are being structured. We reviewed the protocols applied to the monitoring of ecological  
53 restoration actions in mined areas in tropical forests. We inventoried 31 research articles  
54 published between 1990 and 2021, in the Web of Science and Scopus article databases.  
55 Through a bibliometric analysis, we built a world panorama of publications. We  
56 systematically analyze monitoring protocols in terms of the indicators that comprise them, the  
57 ecological attributes they contemplate, the use of reference sites, the longevity of monitoring  
58 and the restoration methods they assist. We found that most restorative activities in mined  
59 areas are found in Brazil and India. The journals *Restoration Ecology* and *Ecological*  
60 *Engineering* concentrate most of the articles, mostly published between 2017 and 2021. On  
61 average, each protocol uses about three indicators, generally covering soil ecological  
62 processes, but not all protocols make use of reference sites or incorporate degraded reference  
63 sites. Monitoring is done by chronosequences that span up to 30 years. Given the modest  
64 number of works identified and the great relevance of the topic, this field of research should  
65 continue to grow. We suggest to restoration project managers a wider dissemination of  
66 monitoring results, in addition to promoting active engagement beyond operational personnel,  
67 with shared interests in the ecological values and ecosystem services that can be provided by  
68 the recovered area.

69 *Keywords:* monitoring, ecological restoration, mining, tropical forests, ecological indicators,  
70 ecosystem processes

71

72

73

## 74 **Introdução**

75 As florestas tropicais são globalmente importantes para a conservação da  
76 biodiversidade (Myers et al., 2000), para o ciclo do carbono (Pan et al., 2013) e da água  
77 (Schlesinger & Jasechko, 2014). No entanto, o aumento acelerado da demanda por matérias-  
78 primas minerais tem promovido a conversão de florestas tropicais em paisagens de  
79 exploração de minérios (Edwards et al., 2014). Por exemplo, entre 1985 e 2020 a área  
80 minerada no Brasil cresceu seis vezes (de 31 mil hectares em 1985 para um total de 206 mil  
81 hectares em 2020), em que três de cada quatro hectares minerados estavam na floresta  
82 tropical amazônica (MapBiomas, 2020). Apesar da extensão espacial de degradação da terra  
83 pela mineração seja menor relativo a outras mudanças no uso da terra, como a agricultura e a  
84 pecuária, a intensidade dos seus impactos é maior (Gastauer et al., 2018). Por conta da  
85 remoção total de cobertura vegetal e solos superficiais, ocorre uma profunda alteração da  
86 paisagem da área na qual a mineração se instala (Bandyopadhyay & Maiti, 2019).  
87 Consequentemente, ocorre a perda de biodiversidade local e o comprometimento das  
88 estruturas e funções ecossistêmicas (Bandyopadhyay & Maiti, 2019).

89 Em alguns países tropicais, como Brasil, Índia e Indonésia, é um requisito legal para  
90 as mineradoras implementar ações designadas por termos como restauração, reabilitação,  
91 recuperação e reclamação nas áreas mineradas (Aronson et al., 2011; Gastauer et al., 2019)  
92 (as definições desses e outros termos usados no texto estão no Apêndice I). São ações  
93 realizadas para reduzir os impactos gerais das operações de mineração (Bandyopadhyay &  
94 Maiti, 2019). Nesta revisão, nós adotamos uma perspectiva inclusiva para os termos na forma  
95 de restauração ecológica *sensu lato* (Le Stradic et al., 2014), incluindo as atividades de  
96 reabilitação, recuperação e reclamação. Uma perspectiva inclusiva significa que ainda se  
97 pode distinguir formas de ecologia de restauração porque seus objetivos e os resultados

98 esperados serão explícitos e diferentes (Prach et al., 2019). Inerentemente, estas ações  
99 deverão ser devidamente acompanhadas pela prática do monitoramento.

100 Programas de monitoramento devem visar a otimização do tempo, a redução dos  
101 custos gerados e, ultimamente, a diminuição do risco de que o ecossistema retorne a um  
102 estágio degradado (Martins et al., 2022). O monitoramento realizado em programas de  
103 restauração em florestas tropicais, como na região amazônica, é enviesado para apenas  
104 atender a requisitos legais de curto-prazo (Martins et al., 2022). Na prática, esse obstáculo  
105 inviabiliza que um projeto de restauração almeja restituir os níveis de biodiversidade e  
106 funcionamento ecossistêmico de um cenário pré-mineração, por este ser um processo de  
107 longo-prazo (SER, 2004). Isso torna metas baseadas em ações como as de reabilitação mais  
108 tangíveis. Reabilitando o ecossistema a uma condição funcionalmente e estruturalmente  
109 autosuficiente, permite que a sua progressão à restauração completa se dê por meio de  
110 processos naturais de regeneração e de sucessão ecológica (Gastauer et al., 2019). A falta de  
111 monitoramento adequado (Mendes et al., 2021), a carência de critérios e parâmetros  
112 predeterminados, e difícil acesso dos resultados e informações dos programas de  
113 monitoramento (Suding, 2011) dificultam a avaliação do sucesso de programas de  
114 restauração em áreas mineradas.

115 Protocolos de monitoramento devem contemplar adequadamente cada um dos  
116 atributos ecológicos do ecossistema e escolher uma quantidade razoável de indicadores que  
117 melhor caracterizam a trajetória ecológica do ecossistema (Gastauer et al., 2020; Martins et  
118 al., 2020). A Primer on Ecological Restoration é uma lista de nove atributos ecológicos  
119 chave, fornecida pela Society for Ecological Restoration (SER, 2004). Os atributos são: (1)  
120 assembléias de espécies, (2) espécies nativas, (3) grupos funcionais, (4) condições físicas, (5)  
121 funções ecológicas, (6) interações e integridade da paisagem, (7) ameaças externas, (8)  
122 resiliência do ecossistema, e (9) auto-sustentabilidade. A partir do Primer, Ruiz-Jaen & Aide

123 (2005) sintetizam em três categorias atributos ecológicos gerais: (i) estrutura da vegetação,  
124 (ii) diversidade de comunidades restituídas e (iii) processos ecológicos. Porque os protocolos  
125 estão fortemente relacionados ao contexto local e orientados por metas definidas (Miller &  
126 Hobbs, 2007), é gerada uma variação de suas estruturas ainda não esclarecida da importância  
127 e uso de diferentes indicadores ecológicos em protocolos de monitoramento.

128 A seleção de indicadores para estruturação dos protocolos de monitoramento varia  
129 relativamente aos objetivos dos projetos de restauração (Viani et al., 2017). Sabemos que  
130 muitos indicadores ecológicos são usados para a montagem de protocolos de monitoramento  
131 (Gatica-Saavedra et al., 2017; Wortley et al., 2013). A literatura sugere que pelo menos dois  
132 indicadores para cada atributo é o mínimo necessário para estruturar um protocolo de  
133 monitoramento eficaz (Ruiz-Jaen & Mitchell Aide, 2005). Além disso, parâmetros para  
134 calibragem dos resultados do monitoramento devem ser obtidos pela medição dos indicadores  
135 em sítios de referência ou controle. Os valores de referência dependem do nível de  
136 conservação ou degradação do sítio de referência escolhido, afetando diretamente a qualidade  
137 do monitoramento (Gann et al., 2019).

138 Os protocolos de monitoramento devem ser projetados para serem usados em locais  
139 que empregam diferentes métodos de restauração, em vários estádios sucessionais (Viani et  
140 al., 2017; Gatica-Saavedra et al., 2017). No mundo todo, os métodos mais frequentemente  
141 empregados na recuperação de áreas mineradas são: plantio de mudas, semeadura direta,  
142 regeneração assistida e hidrossemeadura (Martins et al., 2020). Para monitorá-los, abordagens  
143 tradicionais de monitoramento foram implementadas em escalas temporais e espaciais  
144 limitadas (Viani et al., 2017). A abordagem mais frequentemente usada para medir a  
145 dinâmica temporal envolve o uso de cronossequências (Walker et al., 2010), feita de maneira  
146 que suas informações sirvam de base para intervenções subsequentes (Viani et al., 2017).

147 No entanto, para maior parte das regiões tropicais do mundo, não está claro como os  
148 protocolos de monitoramento de áreas mineradas estão sendo estruturados, em termos de  
149 quais atributos ecológicos contemplados, os indicadores ecológicos usados na prática de  
150 monitoramento, o uso de sítios de referência ou controle e os métodos monitorados  
151 (Koolmann et al., 2016). Este estudo é uma revisão sistemática sobre protocolos de  
152 monitoramento da restauração de áreas mineradas em florestas tropicais no mundo. Fazemos  
153 a seguinte pergunta: (i) Como estão sendo estruturados os protocolos de monitoramento  
154 aplicados à recuperação de áreas mineradas de florestas tropicais? Para respondê-la,  
155 conduzimos uma análise sistemática incluindo artigos de pesquisa das últimas três décadas  
156 (1990-2021). Inicialmente, mapeamos a distribuição geográfica da produção científica por  
157 meio de uma análise bibliométrica. A partir da construção deste panorama bibliométrico e de  
158 um checklist de artigos criteriosamente selecionados, objetivamos responder especificamente  
159 às seguintes questões: (ii) Quais os atributos ecológicos contemplados e indicadores usados  
160 para compor os protocolos de monitoramento? (iii) Por quanto tempo esses indicadores são  
161 monitorados? (iv) Como se dá uso de sítios de referência para o monitoramento? (v) Quais  
162 são os métodos monitorados?

## 163 **Material e métodos**

### 164 Delineamento da pesquisa

165 Nossa pesquisa é baseada em artigos científicos, registrados em bases de artigos  
166 oriundos de periódicos indexados. A abordagem que adotamos apresenta uma dimensão  
167 qualitativa que consiste na análise do alinhamento dos artigos ao contexto da pesquisa, e duas  
168 dimensões quantitativas refletidas na análise bibliométrica das publicações e análise  
169 sistemática dos componentes estruturais dos protocolos de monitoramento. Alinhados à  
170 importante revisão de Wortley et al. (2013), sobre indicadores ecológicos para avaliação do  
171 sucesso da restauração, essas abordagens se complementam em termos de estratégia e

172 recursos, permitindo tomá-las como um único instrumento de sistematização e planejamento  
173 desta revisão. Para a análise bibliométrica e seleção dos artigos relevantes alinhados ao  
174 problema de pesquisa, utilizamos o pacote de análise bibliométrica para linguagem R,  
175 *Bibliometrix* (Aria et al., 2017), e o método *ProKnow-C* (Ensslin et al., 2010),  
176 respectivamente, para tornar a revisão um processo auditável e reproduzível.

177         As palavras-chave que usamos se alinham com os termos usados por outros autores  
178 que publicaram tanto sobre indicadores ecológicos de restauração (Gatica-Saavedra et al.,  
179 2017; Wortley et al., 2013), quanto sobre restauração de áreas mineradas (Martins et al.,  
180 2020). Isso permite estabelecer um diálogo de intertextualidade com o nosso estudo e o  
181 conhecimento prévio disponível na literatura sobre o tema tratado. A tabela 1 sumariza os  
182 termos primários, secundários e a forma truncada de alguns termos. Os termos foram  
183 organizados em conjuntos, os campos de pesquisa, contemplando todos os pontos-chave do  
184 problema de pesquisa, organizando a sua inserção na base de artigos. Todos os campos foram  
185 combinados usando “AND” e todos os termos foram combinados usando "OR".

186         As buscas de artigos foram restringidas ao período de Janeiro de 1990 a novembro de  
187 2021. Este recorte temporal é relevante por dois motivos: (i) foi quando ocorreu a  
188 informatização de periódicos que publicam estudos de restauração ecológica em áreas  
189 mineradas, e (ii) que se seguiu à publicação de trabalhos influentes em termos de proposições  
190 das definições e classificações de atributos ecológicos e indicadores de monitoramento (SER,  
191 2004; Ruiz-Jaen & Aide, 2005). Além disso, a pesquisa foi realizada em inglês, uma vez que  
192 esse idioma é utilizado pelas publicações científicas relevantes em restauração ecológica,  
193 independentemente do idioma em que o estudo foi originalmente produzido.



195 **Tabela 1** Estratégia de busca para localizar artigos. Todas as buscas foram limitadas a  
 196 documentos publicados em inglês. As palavras-chave para pesquisa foram discriminadas nos  
 197 campos de pesquisa (Cn). C1 (restauração ecológica), C2 (uso da terra), C3 (protocolos de  
 198 monitoramento), C4 (tipo de ecossistema) e C5 (região)

Campos de pesquisa	Termos primários	Termos secundários	Termos truncados
C1	“restoration”	“rehabilitation”, “recovery”, “recuperation”, “reclamation”	restor*, rehabilitat*, recover*, recuper*
C2	“mining”	“mined”	
C3	“protocol”	“methods”, “indicators”, “attributes”, “monitoring”	method*, indicator*, attribut*, monitor*
C4	“forest”	“ecosystem”	
C5	“tropical”	“neotropical”	tropic*, neotropic*

199

200 Limitamos a usar bases de artigos acessíveis por meio do [Portal de Periódicos CAPES](#)  
 201 [\(2021\)](#), uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza a instituições de ensino e pesquisa no  
 202 Brasil o melhor da produção científica internacional. Fizemos o uso das duas maiores bases  
 203 de artigos oriundos de revistas indexadas: [Web of Science](#) (WoS - Core Colletion) e [Scopus](#),  
 204 por veicularem artigos de revistas relevantes para a ecologia da restauração, como  
 205 [Restoration Ecology](#) e [Ecological Engineering](#).

206 Busca e seleção de literatura

207 Após a definição de quais palavras-chave de busca e a escolha das bases de artigos,  
208 foi conduzida uma grande busca de artigos para compor o checklist em três etapas, no dia 1º  
209 de novembro de 2021. A primeira etapa (E1) contemplou apenas os termos primários. Na  
210 segunda busca (E2), adicionou-se os termos secundários conectados pelo operador booleano  
211 “OR”. Por último (E3), substituímos os termos integrais pelas formas truncadas. As palavras-  
212 chave foram configuradas para serem rastreadas no título do artigo, resumo e palavras-chave  
213 dos artigos. O mesmo procedimento foi feito tanto na WoS quanto na *Scopus*.

214 Verificamos que a busca reuniu um número progressivo de artigos ( $E1 < E2 < E3$ ) e  
215 que a busca com as palavras-chave truncadas foi a que resultou em uma massa maior de  
216 artigos em ambas as bases (WoS  $1 < 48 < 71$ ; *Scopus*  $0 < 55 < 78$ ). Recolhemos os artigos  
217 resultantes de todas as buscas e exportamos todos os dados bibliográficos disponíveis em dois  
218 arquivos no formato BibTex para cada busca.

219 Para a seleção de artigos, inicialmente fizemos o uso do pacote *Bibliometrix* (Aria et  
220 al., 2017) no software R. O *Bibliometrix* oferece ferramentas específicas para análise  
221 bibliométrica. No passo I, os arquivos BibTex foram importados para ambiente R e  
222 mesclados. O primeiro filtro aplicado à massa de arquivos é o de remoção de arquivos  
223 duplicados (função *remove.duplicated*). Foram excluídos 141 artigos e restaram 112 artigos.  
224 Esses artigos foram exportados para uma planilha em formato CSV.

225 No passo II, fizemos o uso do método *Proknow-C* para seleção de artigos (Ensslin et  
226 al. 2010). A partir de uma leitura não estruturada dos títulos dos artigos na planilha, foi  
227 observado o alinhamento destes com o problema de pesquisa. Com esse procedimento foram  
228 excluídos 58 artigos e restaram 64 artigos.

229 O passo III consistiu na avaliação do prestígio científico dos 64 artigos, considerando  
230 o número de citações que receberam até o momento da busca. Os dados de citações foram

231 previamente fornecidos pelas bases de artigos. Cerca de 24 artigos foram triados segundo este  
232 critério, correspondendo a 85,2% das citações acumuladas de todo a massa de artigos,  
233 considerando o parâmetro de 85% de acúmulo de citações definido pelo método (Ensslin et  
234 al., 2010). Os demais 40 artigos menos citados foram classificados segundo o ano de  
235 publicação. Partindo da premissa de que artigos publicados recentemente ainda não tiveram  
236 tempo suficiente para galgar notoriedade e reconhecimento científico (Ensslin et al., 2010).  
237 Levamos em consideração os artigos publicados nos últimos três anos (2019, 2020 e 2021).  
238 Cerca de 21 artigos obedecem a esse critério e foram recuperados.

239         Para os restantes 19 artigos que não possuem prestígio científico expressivo ou foram  
240 publicados em anos anteriores a partir de 2018, investigamos se os autores presentes nestes  
241 artigos são os mesmos presentes entre os artigos altamente citados. Desse modo, apenas  
242 quatro artigos foram recuperados. Ao final do passo III restaram 49 artigos.

243         Uma vez selecionados todos os artigos com maior reconhecimento científico e  
244 alinhados ao tema desta revisão, no passo IV os 49 artigos selecionados, foram analisados  
245 pelo alinhamento com a nossa pesquisa com base em seus resumos, culminando em 38  
246 artigos no total.

247         Uma busca alternativa por mais artigos foi feita em janeiro de 2022. De maneira  
248 simplificada, baseado no protocolo seguido na busca principal, essa busca foi feita nas  
249 referências bibliográficas de todos os artigos do checklist publicados nos últimos dois anos.  
250 Cerca de 33 artigos foram rastreados dessa forma. Inicialmente avaliamos o seu alinhamento  
251 com o tema da nossa revisão. Em seguida, analisamos o prestígio científico dado aos artigos  
252 por meio do número de citações que receberam, respeitando o critério de corte anteriormente  
253 utilizado na primeira busca (85%). Cerca de 16 artigos foram triados e estes artigos foram

254 analisados com base nos seus resumos. Apenas sete artigos foram selecionados desta  
 255 maneira. No total, conseguimos filtrar 45 artigos.

256 Banco de dados

257 Após a conclusão das buscas nas bases de artigos e feita a triagem para a formação de  
 258 um checklist de artigos, um banco de dados foi elaborado para conter as informações dos  
 259 artigos aceitos com base em um par de critérios preestabelecidos: (1) Monitoramento  
 260 executado em áreas mineradas em florestas tropicais (2) Clara identificação dos indicadores  
 261 ecológicos usados. Os 31 artigos aceitos (Apêndice II—Checklist de artigos) pelos dois  
 262 critérios foram examinados e foram coletadas as informações pertinentes às categorias  
 263 dispostas na Tabela 2.

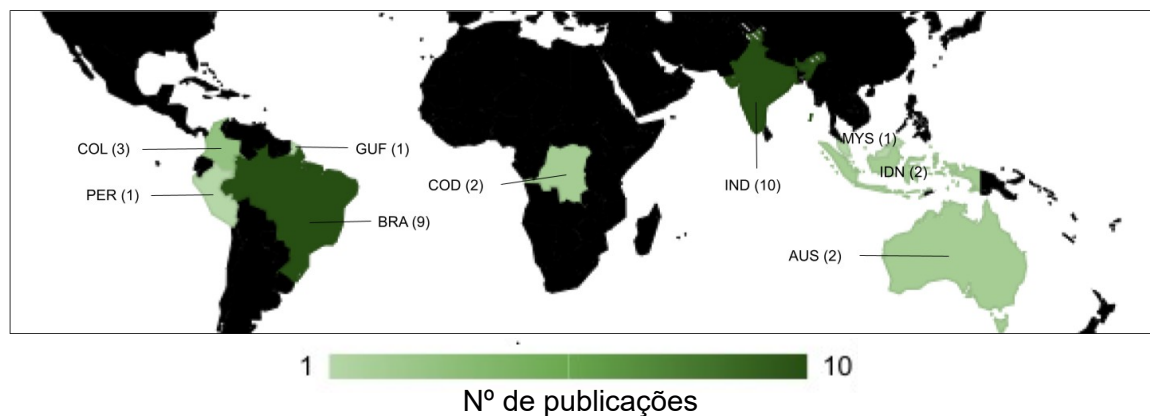
264 **Tabela 2** Categorias utilizadas para classificar os artigos encontrados na pesquisa  
 265 bibliográfica

Categorias	Níveis
Localização	● Localidade do projeto
Detalhes da publicação	● Revista de publicação ● Ano de publicação
Detalhes do protocolo de monitoramento	● Número de anos com monitoramento do resultado da restauração ● Uso de sítio de referência <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sim - intacto</li> <li>○ Sim - degradado</li> <li>○ Não</li> </ul> ● Indicadores/atributos ecológicos <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estrutura da vegetação (E)</li> <li>○ Diversidade de comunidades (D)</li> <li>○ Processos ecológicos (P)</li> </ul>
Detalhes do projeto de restauração	● Métodos de restauração usados

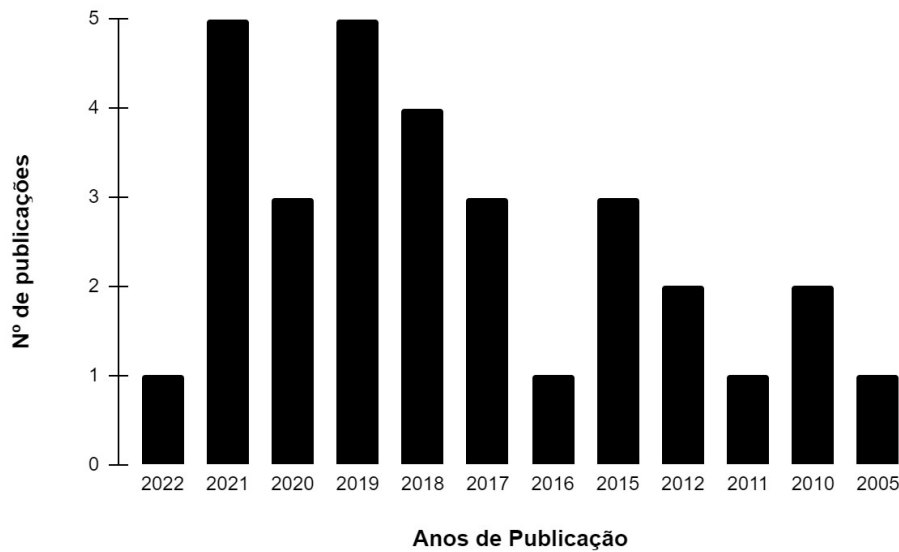
266

267 **Resultados**

268 Os estudos foram realizados em nove países compreendidos na região intertropical e  
 269 especialmente concentrados na Índia (32,3%) e no Brasil (29%) (Figura 1). As revistas.  
 270 *Restoration Ecology* e *Ecological Engineering* concentram boa parte dos estudos (12,9%  
 271 cada). Cerca de 64,5% dos artigos foram publicados entre os anos 2017 e 2021 (Figura 2).  
 272 Apenas três artigos foram detectados na década de 2000 e nenhum artigo foi detectado nos  
 273 anos de 1990.



275 **Fig. 1** Distribuição geográfica da produção bibliográfica analisada nesta revisão. Siglas dos  
 276 países em destaque em acordo com a norma ISO 3166: AUS (Austrália), BRA (Brasil), COD  
 277 (República Democrática do Congo), COL (Colômbia), GUF (Guiana Francesa), IND (Índia),  
 278 IDN (Indonésia), MYS (Malásia), PER (Peru). Valores ao lado das siglas representam a  
 279 contagem de artigos para cada país.



280

281

**Fig. 2** Número de publicações por ano de publicação.

282

283

284

285

286

O monitoramento de indicadores se dá por meio de cronossucessões que variam de 1 a 30 anos. Cerca de 69,7 % dos protocolos de monitoramento informaram o uso de sítios de referência ou controle. Mais da metade dos sítios informados são remanescentes de vegetação conservada (57,6%), no entanto, boa parte dos protocolos não fazem uso de sítios de referência (18,2%) ou usam remanescentes florestais degradados (12,1%).

287

288

289

290

As três categorias de atributos ecológicos estão desigualmente contempladas. Apenas quatro dos protocolos de monitoramento analisados contemplam as três categorias de atributos ecológicos. Cerca de 48,9% dos protocolos contemplam apenas processos ecológicos.

291

292

293

294

295

296

Cinquenta e três indicadores ecológicos foram mensurados nos protocolos de monitoramento (Apêndice III—Lista de indicadores): 12 indicadores de estrutura da vegetação, sendo biomassa arbórea e densidade de indivíduos arbóreos os mais frequentes; oito indicadores de diversidade de comunidades — riqueza de espécies (indicado pelo número de espécies) e o índice de Shannon são os mais frequentes; e 33 indicadores de processos ecológicos, nitrogênio no solo e estoques de carbono sendo os mais frequentes. Em

297 média, cada protocolo usa cerca de três indicadores. Apenas seis protocolos usam mais de  
298 seis ou mais indicadores. Métodos de restauração monitorados são o Plantio de Mudanças  
299 (74,2%), Regeneração Natural Assistida (16,1%) e Semeadura (9,7%).

### 300 **Discussão**

301 Ainda são poucas as publicações científicas mostrando os resultados de projetos de  
302 restauração pós-mineração em florestas tropicais, provavelmente refletindo a baixa  
303 frequência desses projetos e/ou de seu monitoramento. Os monitoramentos publicados  
304 concentram-se na América do Sul e Sudeste Asiático (e Índia), com poucas publicações para  
305 as florestas tropicais africanas. Um mecanismo que imediatamente influi na implementação  
306 de projetos é o cumprimento de legislação. Tanto no Brasil como na Índia, um corpo de leis,  
307 decretos e normas regularizam e instruem as atividades de restaurativas de áreas mineradas  
308 (Aronson et al., 2011; Gastauer et al., 2019), o que pode explicar em parte a maior  
309 concentração de projetos nesses países.

310 Parte importante do sucesso de muitos projetos se baseia em seu efetivo  
311 monitoramento, mas nossos resultados sugerem que pouco tem sido mostrado a esse respeito.  
312 Encontramos que áreas mineradas de florestas tropicais são monitoradas em uma escala de  
313 poucas décadas (até 30 anos). Além disso, o monitoramento dessas áreas é feito com base em  
314 protocolos que usam poucos indicadores ( $\leq 6$  indicadores/protocolo) que geralmente  
315 contemplam apenas uma categoria de atributos ecológicos. Isso pode gerar uma deficiência  
316 no diagnóstico do estado e do processo de recuperação do ecossistema como um todo. Dado a  
317 severidade com que a atividade mineradora afeta as florestas tropicais, há a necessidade do  
318 planejamento de programas de monitoramento em longo prazo para garantir resultados  
319 consistentes e a persistência de ecossistemas em restauração (Reid et al., 2017). Para isso,  
320 outras questões devem ser escrutinadas pelos gerentes dos projetos de restauração, como

321 maximizar os seus esforços em face da limitação de recursos financeiros e das crescentes  
322 demandas (Castro et al., 2021; Holl & Howarth, 2000) e, quando possível, a mobilização de  
323 atores para além da própria empresa de mineração, pela abordagem do monitoramento  
324 participativo (Gann et al., 2019).

325 Os projetos de restauração de áreas mineradas mais antigos tinham seus objetivos  
326 focados na reestruturação da vegetação, o que não necessariamente restabelecia ecossistemas  
327 autossustentáveis e funcionais (Thompson & Thompson, 2004; Bellairs, 1999). Nossa revisão  
328 indica uma mudança de foco dos projetos de restauração, na medida em que cada vez mais as  
329 ações de restauração têm feito uso de indicadores de processos ecológicos como proxies para  
330 funcionamento ecossistêmico em seus protocolos. Uma outra tendência notável é o uso de  
331 índices que mesclam vários indicadores para avaliação do sucesso da restauração.  
332 Bandyopadhyay et al. (2020) desenvolveu o Integrated Mine Soil Quality Index (IMSQI)  
333 para avaliar o sucesso da reclamação de uma cronossequência de 25 anos com base nas  
334 propriedades físico-químicas e estoque de nutrientes do solo. Dominguez-Haydar et al.  
335 (2019) estabeleceu o General Indicator of Soil Quality (GISQ) baseado em uma Análise de  
336 Componentes Principais (PCA), um indicador sintético de qualidade física, química e  
337 biológica de uma cronossequência de restauração de 20 anos. No entanto, esses indicadores  
338 raramente são utilizados de forma generalizada porque foram desenvolvidos para serem  
339 aplicados em um determinado sistema, dependente de um contexto específico (Jørgensen et  
340 al., 2010).

341 Os parâmetros para calibragem dos resultados do monitoramento, são dados pelo uso  
342 de sítios de referência ou controle. Cerca de 31,7% dos protocolos analisados aqui não fazem  
343 uso de sítios de referência e 14,6% incorporam sítios de referência degradados. Sítios de  
344 referência adequados para restauração podem ser raros ou inexistentes em regiões de florestas  
345 tropicais com alto grau de antropização da paisagem ao redor das áreas de mineração, como



346 se observa na região do Arco do Desmatamento, na porção leste e sul da área que abrange a  
347 fronteira agrícola e pecuária na floresta Amazônica no Brasil (Teixeira-Santos et al., 2020;  
348 Ribeiro et al., 2018; Gann et al., 2019). O não uso de sítios de referência pode aumentar a  
349 incerteza em torno das inferências feitas a partir dos resultados do monitoramento e diminuir  
350 seu poder de generalização (Lechner et al. 2018). Eventualmente, pode ser necessário pensar  
351 em possíveis cenários alternativos de uso da terra pós-mineração que não objetivem o  
352 progresso a restauração completa, mas que façam emergir novos ecossistemas florestais  
353 (Lugo, 2009), diferentes em termos de composição, dominância e importância relativa de  
354 espécies. Nesse sentido, na literatura existem exemplos de destinação alternativas para o uso  
355 da terra pós-mineração baseados em novos ecossistemas (veja Bangian et al., 2012; Miao &  
356 Marrs, 2000; Narrei & Osanloo, 2011). No entanto, a escolha adequada do uso da terra pós-  
357 mineração deve ser cuidadosamente pensada após uma análise ampla e sólida, considerando  
358 fatores econômicos, de engenharia, ambientais e sociais (Worlanyo & Jiangfeng, 2021).

### 359 **Considerações Finais**

360 Esta revisão mostra que o monitoramento da recuperação de áreas mineradas em  
361 florestas tropicais têm se tornado uma atividade cada vez mais complexa e longeva, cuja  
362 tendência principal é a construção de uma visão holística dos processos e trajetórias do  
363 ecossistema foco da intervenção. Dado o modesto número de trabalhos identificados e a  
364 grande relevância do tema, esse campo de pesquisa deve continuar crescendo. Para que os  
365 esforços de monitoramento se tornem mais efetivos, menos dispendiosos e coerentes com o  
366 corpo legislativo que os precede, metas e objetivos das ações de restauração devem ser  
367 refinados ainda na fase de planejamento dos projetos. Sugerimos aos gestores de projetos de  
368 restauração uma divulgação maior dos resultados do monitoramento e promova o  
369 engajamento ativo de outros agentes sociais no monitoramento, para além do pessoal

370 operacional, com interesses compartilhados nos valores ecológicos e nos serviços  
 371 ecossistêmicos proporcionados pelas atividades restaurativas.

## 372 **Referências Bibliográficas**

- 373 Aria, M., Cuccurullo, C., & Aria, M. M. (2017). Package ‘bibliometrix.’
- 374 Aronson, J., Brancalion, P. H., Durigan, G., Rodrigues, R. R., Engel, V. L., Tabarelli, M., et  
 375 al. (2011). What role should government regulation play in ecological restoration? Ongoing  
 376 debate in São Paulo State, Brazil. *Restoration Ecology*, *19*(6), 690–695.
- 377 Bandyopadhyay, S., & Maiti, S. K. (2019). Evaluation of ecological restoration success in  
 378 mining-degraded lands. *Environmental Quality Management*, *29*(1), 89–100.
- 379 Bandyopadhyay, S., Novo, L. A., Pietrzykowski, M., & Maiti, S. K. (2020). Assessment of  
 380 forest ecosystem development in coal mine degraded land by using Integrated Mine Soil  
 381 Quality Index (IMSQI): the evidence from India. *Forests*, *11*(12), 1310.
- 382 Bangian, A. H., Ataei, M., Sayadi, A., & Gholinejad, A. (2012). Optimizing post-mining land  
 383 use for pit area in open-pit mining using fuzzy decision making method. *International  
 384 Journal of Environmental Science and Technology*, *9*(4), 613–628.  
 385 <https://doi.org/10.1007/s13762-012-0047-5>
- 386 Bellairs, S. M. (1999). Determining ecological indicators for native vegetation and wildlife  
 387 habitat rehabilitation success at the Blair Athol and Tarong mines.
- 388 Block, W. M., Franklin, A. B., Ward Jr, J. P., Ganey, J. L., & White, G. C. (2001). Design  
 389 and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on  
 390 wildlife. *Restoration ecology*, *9*(3), 293–303.
- 391 Board, O. S., National Academies of Sciences, & Medicine. (2017). *Effective monitoring to  
 392 evaluate ecological restoration in the Gulf of Mexico*. National Academies Press.
- 393 Castro, J. L. de, Souza, M. G., Rufini, M., Guimarães, A. A., Rodrigues, T. L., & Moreira, F.  
 394 M. de S. (2017). Diversity and Efficiency of Rhizobia Communities from Iron Mining Areas  
 395 Using Cowpea as a Trap Plant. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *41*(0).  
 396 <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160525>
- 397 Chazdon, R. L. (2014). *Second growth*. University of Chicago Press.
- 398 Dominguez-Haydar, Y., Velasquez, E., Carmona, J., Lavelle, P., Chavez, L. F., & Jiménez, J.  
 399 J. (2019). Evaluation of reclamation success in an open-pit coal mine using integrated soil  
 400 physical, chemical and biological quality indicators. *Ecological Indicators*, *103*, 182–193.
- 401 Edwards, D. P., Sloan, S., Weng, L., Dirks, P., Sayer, J., & Laurance, W. F. (2014). Mining  
 402 and the African environment. *Conservation Letters*, *7*(3), 302–311.
- 403 Ensslin, L., Ensslin, S. R., Lacerda, R. T. de O., & Tasca, J. E. (2010). ProKnow-C,  
 404 Knowledge Development Process—Constructivist: processo técnico com patente de registro  
 405 pendente junto ao INPI. *Brasil: [sn]*.

- 406 Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., et al. (2019).  
407 International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration*  
408 *Ecology*, 27 (S1): S1-S46., 27(S1), S1–S46.
- 409 Gastauer, M., Souza Filho, P. W. M., Ramos, S. J., Caldeira, C. F., Silva, J. R., Siqueira, J.  
410 O., & Furtini Neto, A. E. (2019). Mine land rehabilitation in Brazil: Goals and techniques in  
411 the context of legal requirements. *Ambio*, 48(1), 74–88. [https://doi.org/10.1007/s13280-018-](https://doi.org/10.1007/s13280-018-1053-8)  
412 1053-8
- 413 Gatica-Saavedra, P., Echeverría, C., & Nelson, C. R. (2017). Ecological indicators for  
414 assessing ecological success of forest restoration: a world review. *Restoration Ecology*, 25(6),  
415 850–857.
- 416 Holl, K. (2020). *Primer of ecological restoration*. Island Press.
- 417 Holl, K. D., & Howarth, R. B. (2000). Paying for Restoration. *Restoration Ecology*, 8(3),  
418 260–267. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80037.x>
- 419 Jørgensen, S. E., Xu, F.-L., & Costanza, R. (Eds.). (2010). *Handbook of Ecological*  
420 *Indicators for Assessment of Ecosystem Health* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.  
421 <https://doi.org/10.1201/EBK1439809365>
- 422 Le Stradic, S., Buisson, E., & Fernandes, G. W. (2014). Restoration of Neotropical  
423 grasslands degraded by quarrying using hay transfer. *Applied vegetation science*, 17(3), 482–  
424 492.
- 425 Lechner, A. M., Arnold, S., McCaffrey, N. B., Gordon, A., Erskine, P. D., Gillespie, M. J., &  
426 Mulligan, D. R. (2018). Applying modern ecological methods for monitoring and modelling  
427 mine rehabilitation success. *From Start to Finish—a Life-of-mine Perspective*, 109–116.
- 428 Locatelli, B., Catterall, C. P., Imbach, P., Kumar, C., Lasco, R., Marín-Spiotta, E., et al.  
429 (2015). Tropical reforestation and climate change: beyond carbon. *Restoration Ecology*,  
430 23(4), 337–343. <https://doi.org/10.1111/rec.12209>
- 431 Lugo, A. E. (2009). The Emerging Era of Novel Tropical Forests. *Biotropica*, 41(5), 589–  
432 591. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00550.x>
- 433 MapBiomas 2020. (n.d.). Mapbiomas Brasil | Área ocupada pela mineração no Brasil cresce  
434 mais de 6 vezes entre 1985 e 2020. [https://mapbiomas.org/area-ocupada-pela-mineracao-no-](https://mapbiomas.org/area-ocupada-pela-mineracao-no-brasil-cresce-mais-de-6-vezes-entre-1985-e-2020)  
435 [brasil-cresce-mais-de-6-vezes-entre-1985-e-2020](https://mapbiomas.org/area-ocupada-pela-mineracao-no-brasil-cresce-mais-de-6-vezes-entre-1985-e-2020). Accessed 24 January 2022
- 436 Martins, W. B. R., de Matos Rodrigues, J. I., de Oliveira, V. P., Ribeiro, S. S., dos Santos  
437 Barros, W., & Schwartz, G. (2022). Mining in the Amazon: Importance, impacts, and  
438 challenges to restore degraded ecosystems. Are we on the right way? *Ecological Engineering*,  
439 174, 106468.
- 440 Martins, W. B. R., Lima, M. D. R., Junior, U. de O. B., Amorim, L. S. V.-B., de Assis  
441 Oliveira, F., & Schwartz, G. (2020). Ecological methods and indicators for recovering and  
442 monitoring ecosystems after mining: A global literature review. *Ecological Engineering*, 145,  
443 105707.
- 444 Mendes, T. P., Montag, L. F., Michelin, T. S., Ferreira, G. C., Torres, N. R., Guterres, A. P.,  
445 et al. (2021). Recovery processes in areas affected by mining: a scientiometric review.  
446 *Ciência e Natura*, 43, 53.

- 447 Miao, Z., & Marrs, R. (2000). Ecological restoration and land reclamation in open-cast mines  
 448 in Shanxi Province, China. *Journal of Environmental Management*, 59(3), 205–215.  
 449 <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0353>
- 450 Miller, J. R., & Hobbs, R. J. (2007). Habitat restoration—do we know what we’re doing?  
 451 *Restoration Ecology*, 15(3), 382–390.
- 452 Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000).  
 453 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.
- 454 Narrei, S., & Osanloo, M. (2011). *Post-Mining Land-Use Methods Optimum Ranking, Using*  
 455 *Multi Attribute Decision Techniques with Regard to Sustainable Resources Management*  
 456 (SSRN Scholarly Paper No. ID 1981431). Rochester, NY: Social Science Research Network.  
 457 <https://papers.ssrn.com/abstract=1981431>. Accessed 21 January 2022
- 458 Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., & Jackson, R. B. (2013). The structure, distribution,  
 459 and biomass of the world’s forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*,  
 460 44, 593–622.
- 461 Prach, K., Durigan, G., Fennessy, S., Overbeck, G. E., Torezan, J. M., & Murphy, S. D.  
 462 (2019). A primer on choosing goals and indicators to evaluate ecological restoration success.  
 463 *Restoration Ecology*, 27(5), 917–923.
- 464 Reid, J. L., Wilson, S. J., Bloomfield, G. S., Cattau, M. E., Fagan, M. E., Holl, K. D., &  
 465 Zahawi, R. A. (2017). How Long Do Restored Ecosystems Persist? *Annals of the Missouri*  
 466 *Botanical Garden*, 102(2), 258–265.
- 467 Ribeiro, S. S., Oliveira, F. de A., Ferreira, G. C., Santos, D. E., & Cruz, D. C. (2019). Forest  
 468 Restoration Evaluation Through Indicators in Areas of Bauxite Mining. *Floresta e Ambiente*,  
 469 26(3), e20170812. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.081217>
- 470 Ruiz-Jaen, M. C., & Mitchell Aide, T. (2005). Restoration success: how is it being measured?  
 471 *Restoration ecology*, 13(3), 569–577.
- 472 Schlesinger, W. H., & Jasechko, S. (2014). Transpiration in the global water cycle.  
 473 *Agricultural and Forest Meteorology*, 189–190, 115–117.  
 474 <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.01.011>
- 475 SER. (2004). The SER international primer on ecological restoration.
- 476 Sonter, L. J., Herrera, D., Barrett, D. J., Galford, G. L., Moran, C. J., & Soares-Filho, B. S.  
 477 (2017). Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature*  
 478 *communications*, 8(1), 1–7.
- 479 Suding, K. N. (2011). Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and  
 480 opportunities ahead. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 42, 465–487.
- 481 Teixeira-Santos, J., Ribeiro, A. C. da C., Wiig, Ø., Pinto, N. S., Cantanhêde, L. G., Sena, L.,  
 482 & Mendes-Oliveira, A. C. (2020). Environmental factors influencing the abundance of four  
 483 species of threatened mammals in degraded habitats in the eastern Brazilian Amazon. *PLOS*  
 484 *ONE*, 15(2), e0229459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229459>
- 485 Thompson, S. A., & Thompson, G. G. (2004). Adequacy of rehabilitation monitoring  
 486 practices in the Western Australian mining industry. *Ecological management & restoration*,

487 5(1), 30–33.

488 Viani, R. A., Holl, K. D., Padovezi, A., Strassburg, B. B., Farah, F. T., Garcia, L. C., et al.  
489 (2017). Protocol for monitoring tropical forest restoration: perspectives from the Atlantic  
490 Forest Restoration Pact in Brazil. *Tropical Conservation Science*, 10, 1940082917697265.

491 Worlanyo, A. S., & Jiangfeng, L. (2021). Evaluating the environmental and economic impact  
492 of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *Journal of Environmental*  
493 *Management*, 279, 111623.

494 Wortley, L., Hero, J.-M., & Howes, M. (2013). Evaluating ecological restoration success: a  
495 review of the literature. *Restoration ecology*, 21(5), 537–543.

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

**Apêndice 1** Terminologia da revisão

Termo	Definição	Referências
Monitoramento	“A coleta sistemática de dados, que podem ser usados para caracterizar as condições de um determinado ecossistema ao longo do tempo, visando informar sobre o progresso da restauração e melhorar a sua eficácia conforme necessário”	(Board et al., 2017)
Protocolo de monitoramento	“Grupo de indicadores selecionados para avaliação da restauração ecológica com base nas características do ecossistema, nas metas do projeto de restauração, e na orientação técnica para medir tais indicadores”	(Block et al., 2001)
Restauração	A restituição da biodiversidade e estruturas do ecossistema, funções e serviços dos ecossistemas originais	(SER, 2004)
Reabilitação	“Qualquer melhoria em relação ao funcionamento e estrutura do ecossistema, independentemente de a restauração completa ser alcançada ou não”	(Gastauer et al., 2019)
Reclamação	“O processo de fazer terras severamente degradadas aptas para um estado adequado para algum uso humano”	(Gann et al., 2019)
Recuperação	O processo pelo qual um ecossistema recupera sua composição, estrutura e função em relação aos níveis identificados para o ecossistema de referência.	(Gann et al., 2019)
Regeneração	Germinação, nascimento, ou outra forma de recrutamento da biota incluindo, plantas, animais e a microbiota, por meio de processos naturais de colonização, dispersão ou processos in situ, sem intervenção humana	(Gann et al., 2019)
Sucessão ecológica	O processo contínuo de mudança em uma comunidade ecológica em um habitat recém-formado ou após um distúrbio, dirigido por fatores estocásticos e determinísticos	(Chazdon, 2014)
Sítio de referência	Uma paisagem, ecossistema, comunidade ou população vital menos perturbada em condições ambientais comparáveis às do local restaurado, que nos mostra a direção para a qual se direciona o esforço de restauração	(Prach et al., 2019)
Trajetória ecológica	“O caminho de desenvolvimento de um ecossistema ao longo do tempo”	(SER, 2004)

511

512 **Apêndice II - Checklist de artigos revisados**

- 513 Ahirwal, J., Kumar, A., Pietrzykowski, M., & Maiti, S. K. (2018). Reclamation of coal mine  
 514 spoil and its effect on Technosol quality and carbon sequestration: a case study from India.  
 515 *Environmental Science and Pollution Research*, 25(28), 27992–28003.  
 516 <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2789-1>
- 517 Ahirwal, J., & Maiti, S. K. (2017). Assessment of carbon sequestration potential of  
 518 revegetated coal mine overburden dumps: A chronosequence study from dry tropical climate.  
 519 *Journal of Environmental Management*, 201, 369–377.  
 520 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.003>
- 521 Ahirwal, J., & Maiti, S. K. (2018a). Development of Technosol properties and recovery of  
 522 carbon stock after 16 years of revegetation on coal mine degraded lands, India. *Catena*, 166,  
 523 114–123.
- 524 Ahirwal, J., & Maiti, S. K. (2018b). Assessment of soil carbon pool, carbon sequestration and  
 525 soil CO<sub>2</sub> flux in unreclaimed and reclaimed coal mine spoils. *Environmental Earth Sciences*,  
 526 77(1), 9. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7185-5>
- 527 Ahirwal, J., Maiti, S. K., & Singh, A. K. (2017). Changes in ecosystem carbon pool and soil  
 528 CO<sub>2</sub> flux following post-mine reclamation in dry tropical environment, India. *Science of the*  
 529 *Total Environment*, 583, 153–162.
- 530 Balestrin, D., Martins, S. V., Schoorl, J. M., Lopes, A. T., & de Andrade, C. F. (2019).  
 531 Phytosociological study to define restoration measures in a mined area in Minas Gerais,  
 532 Brazil. *Ecological Engineering*, 135, 8–16.
- 533 Bandyopadhyay, S., Novo, L. A., Pietrzykowski, M., & Maiti, S. K. (2020). Assessment of  
 534 forest ecosystem development in coal mine degraded land by using Integrated Mine Soil  
 535 Quality Index (IMSQI): the evidence from India. *Forests*, 11(12), 1310.
- 536 Bizuti, D. T. G., de Marchi Soares, T., Duarte, M. M., Casagrande, J. C., de Souza Moreno,  
 537 V., Peinado, F. J. M., et al. (2020). Recovery of soil phosphorus on former bauxite mines  
 538 through tropical forest restoration. *Restoration Ecology*, 28(5), 1237–1246.  
 539 <https://doi.org/10.1111/rec.13194>
- 540 Bizuti, D. T., Robin, A., Soares, T. M., Moreno, V. S., Almeida, D. R., Andreote, F. D.,  
 541 et al. (2022). Multifunctional soil recovery during the restoration of Brazil's Atlantic Forest  
 542 after bauxite mining. *Journal of Applied Ecology*.
- 543 Brady, C. J., & Noske, R. A. (2010). Succession in bird and plant communities over a 24-year  
 544 chronosequence of mine rehabilitation in the Australian monsoon tropics. *Restoration*  
 545 *Ecology*, 18(6), 855–864.
- 546 Campanharo, I. F., Martins, S. V., Villa, P. M., Correa Kruschewsky, G., Aparecida Dias, A.,  
 547 & Haruki Nabeta, F. (2021). Functional composition enhances aboveground biomass stock  
 548 undergoing active forest restoration on mining tailings in Mariana, Brazil. *Restoration*  
 549 *Ecology*, 29(5), e13399.
- 550 Das, R., & Maiti, S. K. (2016). Estimation of carbon sequestration in reclaimed coalmine  
 551 degraded land dominated by *Albizia lebbeck*, *Dalbergia sissoo* and *Bambusa arundinacea*  
 552 plantation: a case study from Jharia Coalfields, India. *International Journal of Coal Science*

- 553 & *Technology*, 3(2), 246–266. <https://doi.org/10.1007/s40789-016-0131-4>
- 554 Dominguez-Haydar, Y., & Armbrrecht, I. (2011). Response of Ants and Their Seed Removal  
555 in Rehabilitation Areas and Forests at El Cerrejón Coal Mine in Colombia. *Restoration*  
556 *Ecology*, 19(201), 178–184. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00735.x>
- 557 Dominguez-Haydar, Y., Velasquez, E., Carmona, J., Lavelle, P., Chavez, L. F., & Jiménez, J.  
558 J. (2019). Evaluation of reclamation success in an open-pit coal mine using integrated soil  
559 physical, chemical and biological quality indicators. *Ecological Indicators*, 103, 182–193.
- 560 Gould, S. F. (2011). Does post-mining rehabilitation restore habitat equivalent to that  
561 removed by mining? A case study from the monsoonal tropics of northern Australia. *Wildlife*  
562 *Research*, 38(6), 482–490.
- 563 Gruchowski-Woitowicz, F. C., de Oliveira, F., Bazílio, S., Garcia, C. T., Castilho, J. A., & de  
564 Oliveira, F. F. (2022). What Can Restoration Do for Bee Communities? An Example in the  
565 Atlantic Rainforest in Paraná State, Southern Brazil. *Neotropical Entomology*, 1–13.
- 566 Kumar, S., Singh, A. K., & Ghosh, P. (2018). Distribution of soil organic carbon and  
567 glomalin related soil protein in reclaimed coal mine-land chronosequence under tropical  
568 condition. *Science of the Total Environment*, 625, 1341–1350.
- 569 Quintela-Sabaris, C., Masfaraud, J.-F., Séré, G., Sumail, S., van der Ent, A., Repin, R., et al.  
570 (2019). Effects of reclamation effort on the recovery of ecosystem functions of a tropical  
571 degraded serpentinite dump site. *Journal of Geochemical Exploration*, 200, 139–151.  
572 <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.02.004>
- 573 Ribeiro, S. S., Oliveira, F. de A., Ferreira, G. C., Santos, D. E., & Cruz, D. C. (2019). Forest  
574 Restoration Evaluation Through Indicators in Areas of Bauxite Mining. *Floresta e Ambiente*,  
575 26(3), e20170812. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.081217>
- 576 Rodríguez-Rodríguez, R. M., Kemmelmeier, K., Pedroso, D. de F., Pinto, F. A., dos Santos,  
577 J. V., Gastauer, M., et al. (2021). Native arbuscular mycorrhizal fungi respond to  
578 rehabilitation in iron ore mining areas from the Eastern Brazilian Amazon. *Pedobiologia*, 89,  
579 150768. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2021.150768>
- 580 Román-Dañobeytia, F., Huayllani, M., Michi, A., Ibarra, F., Loayza-Muro, R., Vázquez, T.,  
581 et al. (2015). Reforestation with four native tree species after abandoned gold mining in the  
582 Peruvian Amazon. *Ecological Engineering*, 85, 39–46.
- 583 Ruiz, F., Cherubin, M. R., & Ferreira, T. O. (2020). Soil quality assessment of constructed  
584 Technosols: Towards the validation of a promising strategy for land reclamation, waste  
585 management and the recovery of soil functions. *Journal of Environmental Management*, 276,  
586 111344.
- 587 Schimann, H., Petit-Jean, C., Guitet, S., Reis, T., Domenach, A. M., & Roggy, J.-C. (2012).  
588 Microbial bioindicators of soil functioning after disturbance: The case of gold mining in  
589 tropical rainforests of French Guiana. *Ecological Indicators*, 20, 34–41.
- 590 Shutcha, M. N., Faucon, M.-P., Kamengwa Kissi, C., Colinet, G., Mahy, G., Ngongo  
591 Luhembwe, M., et al. (2015). Three years of phytostabilisation experiment of bare acidic soil  
592 extremely contaminated by copper smelting using plant biodiversity of metal-rich soils in  
593 tropical Africa (Katanga, DR Congo). *Ecological Engineering*, 82, 81–90.



- 594 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.062>
- 595 Sierra-Escobar, J. A., & Ortíz-Correa, J. A. (n.d.). Mycorrhizal symbiotic effectiveness as a  
596 tool for decision making in restoration of the tropical dry forest.
- 597 Singh, A. N., Zeng, D., & Chen, F. (2005). Heavy metal concentrations in redeveloping soil  
598 of mine spoil under plantations of certain native woody species in dry tropical environment,  
599 India. *Journal of environmental sciences (China)*, *17*(1), 168–174.
- 600 Trimanto, T., Hapsari, L., & Budiharta, S. (2021). Integrating indicators of natural  
601 regeneration, enrichment planting, above-ground carbon stock, micro-climate and soil to  
602 assess vegetation succession in postmining reclamation in tropical forest. *Turkish Journal of*  
603 *Botany*, *45*(5), 457–467.
- 604 Tripathi, N., Singh, R. S., & Chauhya, S. K. (2012). Dump stability and soil fertility of a coal  
605 mine spoil in Indian dry tropical environment: a long-term study. *Environmental*  
606 *Management*, *50*(4), 695–706.
- 607 Vieira, C. K., Marascalchi, M. N., Rodrigues, A. V., de Armas, R. D., & Stürmer, S. L.  
608 (2018). Morphological and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in  
609 revegetated iron-mining site has the same magnitude of adjacent pristine ecosystems. *Journal*  
610 *of environmental sciences*, *67*, 330–343.
- 611 wa Ilunga, E. I., Mahy, G., Piqueray, J., Séleck, M., Shutcha, M. N., Meerts, P., & Faucon,  
612 M.-P. (2015). Plant functional traits as a promising tool for the ecological restoration of  
613 degraded tropical metal-rich habitats and revegetation of metal-rich bare soils: a case study in  
614 copper vegetation of Katanga, DRC. *Ecological Engineering*, *82*, 214–221.
- 615 Yuningsih, L., Hermansyah, H., Ibrahim, E., & MARSIS, M. (2021). Diversity, structure and  
616 composition of vegetation in post-coal mining reclamation area in Sumatra, Indonesia.  
617 *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *22*(8).
- 618

619

**Apêndice III - Lista de indicadores ecológicos**

620 Lista dos indicadores extraídos dos protocolos de monitoramento usados nessa revisão. Al  
 621 (Alumínio), COS (Carbono Orgânico do Solo), IMSQI (Integrated Mine Soil Quality Index),  
 622 MOS (Matéria Orgânica do Solo), N (Nitrogênio), P (fósforo), SQI (Soil Quality Index), TDI  
 623 (Taxonomic Distinctness Index), TQI (Technosoil Quality Index).  
 624

Referências	Diversidade de Comunidades	Estrutura da Vegetação	Processos Ecológicos
Ahirwal et al. 2018	número de espécies, índice de Shannon, índice de Pielou		COS, fluxo de CO <sub>2</sub> , atividade enzimática, acúmulo de N, textura do solo, TQI
Ahirwal & Maiti a 2018			estoques de carbono, acúmulo de N
Ahirwal & Maiti b 2018			estoques de carbono, acúmulo de N
Ahirwal & Maiti 2017		densidade relativa	estoques de carbono, textura do solo, propriedades físico-químicas do solo
Ahirwal, Maiti and Sigh 2017			estoques de carbono, acúmulo de N
Balestrin et al. 2019	índice de Shannon	densidade, dominância	

Bandyopadhyay et al. 2020			IMSQI
Bizuti et al. 2020			acúmulo de P
Bizuti et al. 2021	número de espécies, índice de Shannon		textura do solo, MOS, acúmulo de P, pH, concentração de Al, atividade iônica, respiração do solo
Brady & Noske 2010	número de espécies, abundância relativa das espécies	altura do dossel, cobertura de dossel	produção de serrapilheira
Campanharo et al. 2021		biomassa, densidade da madeira	síndromes de dispersão, estratégia sucessional, acúmulo de N
Das & Maiti 2016			estoques de carbono
Dominguez-Haydar & Ambrecht 2010	número de espécies, composição de espécies		

Domínguez-Haydar et al. 2019			General Indicator of Soil Quality (GISQ)
Gould 2010	número de espécies, composição de espécies, abundância relativa das espécies		
Gruchowski-Woitowicz et al. 2022	índice de Shannon, índice de Margalef, uniformidade de Pielou, dominância de espécies		
Ilunga et al. 2015	diversidade funcional de espécies		
Kumar et al. 2018			COS, glumalina, índice de qualidade do solo
Quintela-Sabaris et al. 2019	número de espécies, índice de Shannon	biomassa	nutrientes do solo, concentração de metais, filtragem de água
Ribeiro et al. 2019	índice de Shannon	cobertura, densidade, altura, área basal, aumento em diâmetro, presença de espécies exóticas, presença de espécies ameaçadas	presença de regeneração natural, presença de erosão, serrapilheira, retorno da fauna, mortalidade

Rodríguez-Rodríguez  
et al. 2021

número de espécies,  
índice de Shannon

Román-Dañobeytia  
et al. 2015

diâmetro,  
altura,  
sobrevivência  
de mudas

Ruiz  
et al. 2020

SQI

Schimann  
et al. 2012

atividade microbiana

Shutcha  
et al. 2015

nutrientes do solo,  
concentração  
de metais,  
MOS,  
pH

Sierra-Escobar  
et al. 2019

colonização  
micorrízica,  
P acumulação  
nas plantas

Singh, Zen, Chen  
2005

concentrações  
de metais pesados

Trimanto et al. 2021	número de espécies, índice de Shannon	biomassa, crescimento e sobrevivência de árvores	microclima, condições do solo
Triparthi et al. 2012	TDI		acúmulo de N, biomassa
Vieira et al. 2017	número de espécies, índice de Shannon, índice de uniformidade	densidade total e relativa de espécies, dominância total e relativa de espécies, frequência total e relativa de espécies	
Yuningsih et al. 2021			

## ANEXO I

627

628

629

630 Normas para elaboração do manuscrito conforme orientações da revista *Environmental*  
631 *Monitoring and Assessment*.

632

633

### 634 **Types of Papers**

635 The journal welcomes a variety of article types.

636

637 *Original research papers* are original manuscripts that contain new findings in research  
638 consistent with the Journal's aims and scope.

639

640 *Review articles* do not contain new information, but rather summarize emerging trends or  
641 recent developments. These papers critically evaluate and summarize existing data and fields  
642 of research.

643

644 *Short Communications* can include new research, technologies, reviews, case studies, and  
645 practices as it relates to environmental monitoring and assessment. The Editorial Board will  
646 attempt to streamline the review process for this type of manuscript. Short Communications  
647 should contain about 3000 words of text, a maximum of two tables and/or figures, and no  
648 more than 20 references.

649

650 Letter to the Editor addressing previously published articles may be edited for clarity or  
651 length and may be subject to peer review at the Editors' discretion. The letters will be sent to  
652 the corresponding author of the paper on which comments are submitted, and the authors of  
653 that paper will be given an opportunity to respond to the comments if they wish. Both the  
654 original comment and any responses are then published at the same time.

655

### 656 *Paper Length and Page Charges*

657 Papers must be concise and well written. While there are no specific word limits, the average  
658 article contains approximately 9,000 words. Longer papers may be considered if the  
659 information justifies the length.

660

661 There are no page charges to publish in this journal under the normal publication process  
662 (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to  
663 customers who have purchased a subscription).

664

### 665 **Manuscript Submission**

#### 666 *Manuscript Submission*

667 Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before;  
668 that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been  
669 approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or  
670 explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be  
671 held legally responsible should there be any claims for compensation.

672

#### 673 *Permissions*

674 Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published  
675 elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print  
676 and online format and to include evidence that such permission has been granted when

677 submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to  
678 originate from the authors.

679

#### 680 *Online Submission*

681 Please follow the hyperlink “Submit manuscript” on the right and upload all of your  
682 manuscript files following the instructions given on the screen.

683

684 Please ensure you provide all relevant editable source files. Failing to submit these source  
685 files might cause unnecessary delays in the review and production process.

686

#### 687 **Language**

688 We appreciate any efforts that you make to ensure that the language is corrected before  
689 submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first  
690 language.

691

#### 692 **When submitting your manuscript**

693 The author should suggest three to five potential reviewers who are qualified to judge the  
694 work objectively, providing full names, institutions, and current e-mail addresses.

695

696 When submitting your paper, please include your field of interest/expertise in the cover letter.  
697 Authors are expected to at least review two papers for the journal when invited.

698

699 Please choose the appropriate article type (e.g. Original Research Article, Review, etc.) while  
700 submitting your paper to the journal. Please do not submit your paper to a Topical Collection  
701 if you have not been invited to do so by a guest editor.

702

#### 703 **Manuscript Structure**

##### 704 *Original Research Articles*

705

##### 706 Abstract

707

708 The Abstract should contain 150 to 250 words. It should clearly explain the novelty of the  
709 findings versus current knowledge. The Abstract should not contain any undefined  
710 abbreviations or unspecified references.

711

##### 712 Keywords

713

714 This should include 4 to 6 keywords that can be used for indexing purposes.

715

##### 716 Text

717

718 The text of original research articles should be divided into the following sections:

719

##### 720 Introduction

721

722 The Introduction should state the purpose of the investigation and identify clearly the gap of  
723 knowledge that will be filled in this study.

724

##### 725 Materials and methods

726



727 The Materials and Methods section should provide enough information to permit repetition of  
 728 the experimental work. It should include clear descriptions and explanations of sampling  
 729 procedures, experimental design, essential sample characteristics and descriptive statistics,  
 730 hypothesis tested, exact references to literature describing the tests used in the manuscript,  
 731 number of data involved in statistical tests, etc.

732

733 Results and Discussion

734

735 The Results section should describe the outcome of the study. Data should be presented as  
 736 concisely as possible - if appropriate in the form of tables or figures, although very large  
 737 tables should be avoided. The Discussion should be an interpretation of the results and their  
 738 significance with reference to work by other authors.

739

740 Conclusions

741

742 This section should highlight the major, firm discoveries, and state what the added value of  
 743 the main finding is, without literature references.

744

745 References

746

747 The journal uses APA reference style. See References for more details.

748

749 Appendices

750

751 If there is more than one appendix, they should be numbered consecutively. Equations in  
 752 appendices should be designated differently from those in the main body of the paper, e.g.  
 753 (A1), (A2) etc. In each appendix equations should be numbered separately.

754

755 Beginning authors or authors who have not submitted to international journals before may  
 756 find the Springer tutorials on the 'Springer Author Academy' homepage of assistance when  
 757 writing their articles. Click 'Springer Author Academy' tab in the sidebar or go to

758

759 Springer Author Academy

760

761 **Title Page**762 *Title Page*

763 Please make sure your title page contains the following information.

764

765 *Title*

766

767 The title should be concise and informative.

768

769 *Author information*

770

771 The name(s) of the author(s)

772 The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country

773 A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author

774 If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

775 If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

776

777 For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of  
778 residence, not their e-mail address unless specifically requested.

779

780 *Abstract*

781 Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any  
782 undefined abbreviations or unspecified references.

783

784 For life science journals only (when applicable)

785

- 786 ● Trial registration number and date of registration for prospectively registered trials
- 787 ● Trial registration number and date of registration, followed by “retrospectively  
788 registered”, for retrospectively registered trials

789

790 *Keywords*

791 Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

792

793 *Statements and Declarations*

794 The following statements should be included under the heading "Statements and  
795 Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not  
796 include relevant declarations will be returned as incomplete.

797

- 798 ● **Competing Interests:** Authors are required to disclose financial or non-financial  
799 interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication.  
800 Please refer to “Competing Interests and Funding” below for more information on  
801 how to complete this section.

802 Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as  
803 various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to  
804 your own needs.

805

806

807 **Text**

808 *Text Formatting*

809 Manuscripts should be submitted in Word.

810

- 811 ● Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- 812 ● Use italics for emphasis.
- 813 ● Use the automatic page numbering function to number the pages.
- 814 ● Do not use field functions.
- 815 ● Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- 816 ● Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- 817 ● Use the equation editor or MathType for equations.
- 818 ● Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word  
819 versions).
- 820 ● Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We  
821 recommend using Springer Nature’s LaTeX template.

822

823 *Headings*

824 Please use no more than three levels of displayed headings.

825

826 *Abbreviations*

827 Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

828

829 *Footnotes*

830 Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a  
831 reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation,  
832 and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not  
833 contain any figures or tables.

834

835 Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by  
836 superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

837 Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

838

839 Always use footnotes instead of endnotes.

840

841 *Acknowledgments*

842 Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the  
843 title page. The names of funding organizations should be written in full.

844

845 *Additional request Text*

846 • All manuscript files should be formatted to contain line numbers.

847

848 • Quotations of more than 40 words should be set off clearly, either by indenting the left-hand  
849 margin or by using a smaller typeface. Use double quotation marks for direct quotations and  
850 single quotation marks for quotations within quotations and for words or phrases used in a  
851 special sense.

852

853 *Additional instructions Headings*

854 Level one headers: typed in bold, lowercase except for first letter of first word, left justified,  
855 followed by one blank line

856

857 Level two headers: typed in normal font, lowercase except for first letter of first word, left  
858 justified, followed by one blank line

859

860 Do NOT number headings and subheadings.

861

862 **References**

863 *Citation*

864 Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

865

- 866 ● Negotiation research spans many disciplines (Thompson, 1990).
- 867 ● This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- 868 ● This effect has been widely studied (Abbott, 1991; Barakat et al., 1995; Kelso &  
869 Smith, 1998; Medvec et al., 1999).
- 870 ● Authors are encouraged to follow official APA version 7 guidelines on the number of  
871 authors included in reference list entries (i.e., include all authors up to 20; for larger  
872 groups, give the first 19 names followed by an ellipsis and the final author's name).  
873 However, if authors shorten the author group by using et al., this will be retained.

874

875 *Reference list*

876 The list of references should only include works that are cited in the text and that have been

877 published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works  
878 should only be mentioned in the text.

879

880 Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each  
881 work.

882

883 Journal names and book titles should be italicized.

884

885 If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g.  
886 “<https://doi.org/abc>”).

887

888 ● Journal article Grady, J. S., Her, M., Moreno, G., Perez, C., & Yelinek, J. (2019).  
889 Emotions in storybooks: A comparison of storybooks that represent ethnic and racial  
890 groups in the United States. *Psychology of Popular Media Culture*, 8(3), 207–217.  
891 <https://doi.org/10.1037/ppm0000185>

892 ● Article by DOI Hong, I., Knox, S., Pryor, L., Mroz, T. M., Graham, J., Shields, M. F.,  
893 & Reistetter, T. A. (2020). Is referral to home health rehabilitation following inpatient  
894 rehabilitation facility associated with 90-day hospital readmission for adult patients  
895 with stroke? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. Advance  
896 online publication. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001435>

897 ● Book Sapolsky, R. M. (2017). *Behave: The biology of humans at our best and worst*.  
898 Penguin Books.

899 ● Book chapter Dillard, J. P. (2020). Currents in the study of persuasion. In M. B.  
900 Oliver, A. A. Raney, & J. Bryant (Eds.), *Media effects: Advances in theory and*  
901 *research* (4th ed., pp. 115–129). Routledge.

902 ● Online document Fagan, J. (2019, March 25). Nursing clinical brain. OER Commons.  
903 Retrieved January 7, 2020, from [https://www.oercommons.org/authoring/53029-](https://www.oercommons.org/authoring/53029-nursing-clinical-brain/view)  
904 [nursing-clinical-brain/view](https://www.oercommons.org/authoring/53029-nursing-clinical-brain/view)

905

906

## 907 **Tables**

908 ● All tables are to be numbered using Arabic numerals.

909 ● Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

910 ● For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the  
911 table.

912 ● Identify any previously published material by giving the original source in the form of  
913 a reference at the end of the table caption.

914 ● Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks  
915 for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

916

917

## 918 **Artwork and Illustrations Guidelines**

### 919 *Electronic Figure Submission*

920 ● Supply all figures electronically.

921 ● Indicate what graphics program was used to create the artwork.

922 ● For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF  
923 format. MSOffice files are also acceptable.

924 ● Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

925 ● Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

926

927 *Line Art*

928

- 929 ● Definition: Black and white graphic with no shading.
- 930 ● Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the
- 931 figures are legible at final size.
- 932 ● All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- 933 ● Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum
- 934 resolution of 1200 dpi.
- 935 ● Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

936

937 *Halftone Art*

938

- 939 ● Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- 940 ● If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars
- 941 within the figures themselves.
- 942 ● Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

943

944 *Combination Art*

945

- 946 ● Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line
- 947 drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- 948 ● Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

949

950 *Color Art*

951

- 951 ● Color art is free of charge for online publication.
- 952 ● If black and white will be shown in the print version, make sure that the main
- 953 information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another
- 954 when converted to black and white. A simple way to check this is to make a
- 955 xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are
- 956 still apparent.
- 957 ● If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- 958 ● Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

959

960 *Figure Lettering*

961

- 961 ● To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- 962 ● Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about
- 963 2–3 mm (8–12 pt).
- 964 ● Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt
- 965 type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- 966 ● Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- 967 ● Do not include titles or captions within your illustrations.

968

969 *Figure Numbering*

970

- 970 ● All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- 971 ● Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- 972 ● Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- 973 ● If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the
- 974 consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,"A1,
- 975 A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should,
- 976 however, be numbered separately.

977

978 *Figure Captions*

- 979 ● Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- 980
- 981 ● Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- 982
- 983 ● No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- 984
- 985 ● Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- 986
- 987 ● Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.
- 988
- 989

990 *Figure Placement and Size*

- 991 ● Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- 992 ● When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- 993 ● For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- 994
- 995 ● For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.
- 996
- 997 ● Permissions
- 998 ● If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.
- 999
- 1000
- 1001
- 1002
- 1003

1004 *Accessibility*

1005 In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- 1008 ● All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- 1009
- 1010 ● Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- 1011
- 1012 ● Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

1013 **Supplementary Information (SI)**

1014 Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

1018

1019 Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

1022

1023 *Submission*

- 1024 ● Supply all supplementary material in standard file formats.
- 1025 ● Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- 1026

1027 ● To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may  
 1028 require very long download times and that some users may experience other problems  
 1029 during downloading.

1030 ● High resolution (streamable quality) videos can be submitted up to a maximum of  
 1031 25GB; low resolution videos should not be larger than 5GB.

#### 1032 *Audio, Video, and Animations*

1033 ● Aspect ratio: 16:9 or 4:3

1034 ● Maximum file size: 25 GB for high resolution files; 5 GB for low resolution files

1035 ● Minimum video duration: 1 sec

1036 ● Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxfl, mts,  
 1037 m4v, 3gp

#### 1038 *Text and Presentations*

1039 ● Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term  
 1040 viability.

1041 ● A collection of figures may also be combined in a PDF file.

1042

#### 1043 *Spreadsheets*

1044 Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

1045

#### 1046 *Specialized Formats*

1047 Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook),  
 1048 and .tex can also be supplied.

1049

#### 1050 *Collecting Multiple Files*

1051 It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

1052

#### 1053 *Numbering*

1054 ● If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the  
 1055 material as a citation, similar to that of figures and tables.

1056 ● Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the  
 1057 animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.

1058 ● Name the files consecutively, e.g. “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

1059

#### 1060 *Captions*

1061 ● For each supplementary material, please supply a concise caption describing the  
 1062 content of the file.

1063

#### 1064 *Processing of supplementary files*

1065 ● Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without  
 1066 any conversion, editing, or reformatting.

1067

#### 1068 *Accessibility*

1069 In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your  
 1070 supplementary files, please make sure that

1071 ● The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

1072 ● Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so  
 1073 that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

1074

#### 1075 *English Language Editing*

1076 For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you

1077 need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help  
1078 with writing in English you should consider:

1079

1080 ● Getting a fast, free online grammar check.

1081 ● Asking a colleague who is proficient in English to review your manuscript for clarity.

1082 ● Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when  
1083 writing in English.

1084 ● Using a professional language editing service where editors will improve the English  
1085 to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review.

1086 Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and  
1087 American Journal Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their  
1088 first submission to either of these services, simply follow the links below.

1089 Free online grammar check

1090

1091 English language tutorial

1092

1093 Nature Research Editing Service

1094

1095 American Journal Experts

1096

1097 Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in  
1098 this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or  
1099 accepted.

1100

1101 If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal  
1102 style before publication.