

COLONIZAÇÃO POR VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA EM ESTÉREIS DE MINERAÇÃO DE CARVÃO A CÉU ABERTO NO SUL DE SANTA CATARINA

Iara Zaccaron ZANONI¹; Bruno Retamar RODRIGUES²; Patrícia Figueiredo CORRÊA³; Guilherme Alves ELIAS⁴; Edilane ROCHA-NICOLEITE⁵; Robson dos SANTOS⁶

¹Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), iara_zanoni@hotmail.com; ²Centro de Educação Profissional Abílio Paulo, brunoretamarrodrigues2@hotmail.com; ³Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), pcorrea@unesc.net;

⁴Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), guilherme@unesc.net; ⁵Centro Tecnológico SATC, edilane.rocha@satc.edu.br;

⁶Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), rsa@unesc.net

RESUMO

Os estudos sobre a composição florística, a estrutura da comunidade colonizadora e a sucessão ecológica, em áreas abandonadas após a mineração, são ferramentas importantes para elaboração de estratégias de recuperação de áreas mineradas. No entanto, estes estudos ainda são incipientes no Brasil. A mineração de carvão a céu aberto na bacia carbonífera catarinense, por décadas, resultou em inúmeros impactos ambientais, entre os principais estão a retirada da vegetação e a deposição de estéreis de mineração. Neste contexto, este estudo se propõe a identificar as espécies vegetais que ocorreram sobre pilhas de estéreis de mineração de carvão e descrever as características biológicas que auxiliem no processo de recuperação ambiental. Foram amostradas 82 espécies pertencentes a 28 famílias sobre as pilhas de estéreis. As famílias com maior riqueza foram Asteraceae, Poaceae e Melastomataceae. O hábito predominante, em número de espécies, foi o herbáceo (56%), seguido do arbustivo (18%), do arbóreo (18%) e das trepadeiras (8%). Pelas condições em que as espécies se desenvolveram nas pilhas de estéreis de mineração, indicaram uma ampla tolerância às condições ambientais extremas (solos ácidos, com baixa retenção de água e pouca quantidade de matéria orgânica). As árvores *Clethra scabra* Pers. e *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. destacaram-se por ocorrerem em todas as áreas. Essas espécies possuem características que lhes permitem sobreviverem e colonizarem ambientes em condições extremas, como por exemplo, crescimento rápido, alta taxa de reprodução e de germinação das sementes, além de se desenvolverem em solos com baixa fertilidade e baixa retenção de água, além da presença de *Myrcia splendens* (Sw.) DC., *Trema micrantha* (L.) Blume e *Leandra australis* (Cham.) Cogn. consideradas espécies-chave, pois possuem grande valor ecológico, sendo assim, indicadas para recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Área degradada. Biodiversidade. Recuperação ambiental. Regeneração natural.

ABSTRACT

*Studies on floristic composition, structure of colonizer community and ecological succession, in abandoned areas after mining, are important tools for elaboration of recovery strategies for mined areas. However, these studies are still incipient in Brazil. Opencast mining in the Santa Catarina coal basin, for decades, resulted in innumerable environmental impacts, among the main ones being the removal of vegetation and the deposition of mining barren. In this context, this study aimed to identify plant species that occur on barren piles of coal mining and describe biological characteristics that assist in the environmental recovery process. Over barren piles were sampled 82 species belonging to 28 families. Asteraceae, Poaceae and Melastomataceae were the richest families. The predominant habit, in species number, was herbaceous (56%), followed by shrub (18%), arboreal (18%) and vines (8%). Due to the conditions in which the species have developed in the barren piles, it indicated a wide tolerance to the extreme environmental conditions (acidic soils, with low retention of water and little amount of organic matter). *Clethra scabra* Pers. and *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. were the trees that stood out, because it occurred in all areas. These species have characteristics that allow them to survive and colonize environments in extreme conditions, such as rapid growth, high reproductive rate and germination of the seeds, and develop in soils with low fertility and low water retention, besides the presence of *Myrcia splendens* (Sw.) DC., *Trema micrantha* (L.) Blume and *Leandra australis* (Cham.) Cogn. considered as key species, since they have great ecological value and are indicated for recovery of degraded areas.*

Key-words: Degraded area. Biodiversity. Environmental recovery. Natural regeneration.

1 INTRODUÇÃO

A restauração ecológica é o processo induzido de recuperação de um ecossistema degradado, que possui baixa resiliência (CARPANEZZI;

CARPANEZZI, 2003) e, portanto, necessita de intervenções humanas intencionais com o intuito de facilitar ou acelerar a sucessão ecológica dentro de uma comunidade (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

A vegetação apresenta papel fundamental nos processos de restauração ecológica, e por consequência, os estudos sobre a composição florística, a estrutura da comunidade colonizadora e a sucessão ecológica, em áreas abandonadas após o processo de mineração, são ferramentas importantes na formulação de estratégias para o planejamento de recuperação de áreas mineradas (CITADINI-ZANETTE et al., 2009; LIMA et al., 2016).

As espécies vegetais que iniciarão o processo de recuperação dessas áreas devem preencher requisitos de acordo com as características da região, tais como: tipo de solo, clima e relevo (SANTOS et al., 2008; RODRIGUES, 2013). A restauração tem a capacidade de mitigar uma série de efeitos e impactos ambientais, como os desencadeados pelos processos erosivos, permitindo o restabelecimento de algumas características primitivas da área, como a recomposição da camada superficial do solo e a intensificação das interações ecossistêmicas (LEI et al., 2016; LIMA et al., 2016).

Neste sentido, as espécies arbóreas pioneiras são consideradas ideais para a restauração de áreas degradadas, devido à suas características de crescimento rápido, produção de sementes e tolerância a solos de baixa fertilidade. Além disso, essas espécies auxiliam no sombreamento e na melhoria das condições edáficas, para, posteriormente, haver a sucessão por espécies secundárias iniciais e tardias (RODRIGUES, 2013; BAUMAN et al., 2015).

Estudos que indiquem espécies para a restauração em áreas mineradas ainda são insipientes no Brasil. Na região carbonífera de Santa Catarina, a primeira tentativa de indicar espécies para restauração de áreas mineradas foi com Boff; Citadini-Zanette; Santos (2000) que avaliaram as espécies arbóreas introduzidas em blocos experimentais instalados no Projeto M (Recuperação Piloto de Áreas Mineradas a Céu Aberto), no município de Siderópolis, Santa Catarina. A avaliação deste projeto resultou na indicação de *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga) para a recuperação de áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera catarinense (CITADINI-ZANETTE, 2017).

A lavra a céu aberto, na região carbonífera catarinense, era utilizada quando a jazida de carvão se encontrava próxima à superfície do solo até, aproximadamente, 28 m de profundidade (ROCHA-NICOLETIE et al., 2013). Consistia na retirada da

vegetação, solo e estéréis da mineração por escavadeiras até encontrar a camada de carvão. Neste material depositado em pilhas geralmente cônicas, de até 30 m de altura, a vegetação e o solo eram depositados na base das pilhas e as camadas superiores eram constituídas pelos estéréis da mineração de carvão, ocorrendo, então, inversão das camadas do solo. Nas depressões localizadas entre as pilhas formaram-se lagos alimentados pelo lençol freático e pela drenagem superficial (SANTOS et al., 2008; KLEIN et al., 2009).

O maior impacto ambiental da mineração a céu aberto é a geração de ecossistemas degradados, modificados para sempre, e sua recuperação parcial depende de trabalhos em longo prazo. Os impactos da mineração provocam mudanças na terra, água e ar, que estão associadas, direta ou indiretamente, ao local de lavra. Impactos diretos incluem morte da biota. Os impactos indiretos incluem mudanças na ciclagem de nutrientes, biomassa total, diversidade de espécies e na estabilidade do ecossistema, em virtude das alterações no lençol freático e na disponibilidade e qualidade da água superficial (CITADINI-ZANETTE et al., 2009; CAMPOS et al., 2010; LEI et al., 2016; LEI; PAN; LIN, 2016).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar as espécies vegetais que ocorreram sobre pilhas de estéréis de mineração de carvão no sul de Santa Catarina e descrever as características biológicas que auxiliem no processo de recuperação ambiental.

2 METODOLOGIA

As áreas de estudo estão situadas nos municípios de Siderópolis e Treviso, localizados na região carbonífera de Santa Catarina. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, apresentando temperatura média anual variando entre 17,0 e 19,3 °C, a precipitação anual média é de 1.220 a 1.660 mm (ALVARES et al., 2013) e a formação florestal predominante é a Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012).

Para quantificar os fatores edáficos limitantes do substrato presente nas áreas de estudo foram coletadas amostras com profundidades variando de 0 a 20 cm para posterior análise. As amostras coletadas foram analisadas pelo laboratório de Análise de Solos da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina

(CIDASC), segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Para o estudo da composição florística da vegetação espontânea foram selecionadas sete áreas: Campo Ilha (A), Campo Belluno (B), Malha II Leste (C), Malha II Oeste (D), Cantão (E), Vila Funil (F) e Morosini (G). Nas áreas, a lavra se deu em períodos distintos, sendo a mais antiga em 1950 e a mais recente teve seu término em 1989. Em cada área foram selecionadas cinco pilhas de estereis de mineração de carvão. Nestas pilhas foram alocadas duas parcelas, uma na porção inferior (base da pilha), e outra na porção superior (topo da pilha), totalizando 70 parcelas de 4 m x 10 m.

Para as formas biológicas, o critério adotado foi baseado na consistência e ramificação das plantas, ou seja, árvore, planta não ramificada na base lenhosa; arbusto, planta ramificada desde a base lenhosa ou não; herbácea, toda a planta herbácea, terrícola; trepadeira, planta herbácea ou lenhosa, apoiante.

Adicionalmente, realizou-se o estudo da estrutura das espécies arbustivo-arbóreas com $h \geq 1,50$ m. Calcularam-se os parâmetros fitossociológicos usuais (frequência, densidade e

dominância e o índice de valor de importância) de acordo com Mueller-Dombois e Ellenberg (2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O substrato pedológico nas pilhas de estereis de mineração de carvão foi composto de folhelhos carbonosos, siltitos, arenitos e argila; desprovido de estrutura e sem textura e cor definíveis. A drenagem se apresentou suficientemente boa com a presença de blocos de arenitos e folhelhos. A superfície das pilhas de estereis estava fortemente ondulada com ocorrência de declividades acentuadas e com forte erosão. As análises dos substratos apresentaram pH extremamente ácido, níveis de fósforo muito baixo, níveis de potássio altos, níveis de cálcio e magnésio médios e altos, de alumínio altos e teor de matéria orgânica muito baixo (Tabela 1).

Desta forma, o processo de lavra a céu aberto descaracterizou os solos, anteriormente, existentes, restando no local uma mistura dos horizontes do solo com a rocha matriz e outros materiais inertes existentes sobre a camada de carvão (CAMPOS et al., 2010).

Tabela 1 – Parâmetros químicos da fração fina do substrato em pilhas de estereis de mineração de carvão no sul de Santa Catarina, onde, Campo Ilha (A), Campo Belluno (B), Malha II Leste (C), Malha II Oeste (D), Cantão (E), Vila Funil (F) e Morosini (G).

Parâmetros	A	B	C	C	E	F	G
K (ppm)	98,0	84,0	78,0	112,0	114,0	121,0	81,0
P (ppm)	3,2	4,7	1,9	4,3	1,7	3,1	2,4
Ca+Mg (cmolc/L)	1,9	2,3	1,7	2,6	2,0	1,7	2,1
Al (cmolc/L)	5,8	5,2	5,8	5,2	5,4	5,4	5,2
Cu (cmolc/L)	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03
Fe (cmolc/L)	0,55	0,20	0,19	0,34	0,78	0,23	0,69
Mn (cmolc/L)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02
Zn (cmolc/L)	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
Matéria orgânica	2,1	3,7	2,3	3,8	2,1	3,4	3,7
pH	4,0	3,5	4,6	4,1	3,7	3,6	4,0

Foram contabilizadas, sobre as pilhas de estereis de mineração de carvão, 82 espécies pertencentes a 28 famílias (Tabela 2). As famílias que obtiveram maior riqueza foram: Asteraceae com 29 espécies (36%); Poaceae com nove espécies (11%) e Melastomataceae com seis espécies (7%). As demais famílias somadas representaram 38 espécies (46%). As formas de vida predominantes foram

herbáceas (56%) e a arbustiva (18%), seguidas de arbórea (18%) e das trepadeiras (8%).

A área D (Malha II Oeste) apresentou o maior número de espécies, com 43, seguida pelas áreas E (Cantão) e C (Malha II Leste) com 29 e 28 espécies, respectivamente. A área A (Campo Ilha) apresentou 26 espécies, as áreas F (Vila Funil) e G (Morosini)

apresentaram 19 espécies cada uma e a área B (Campo Belluno) totalizou oito espécies.

As espécies amostradas e citadas na Tabela 2, pela condição em que se desenvolveram, indicam uma ampla tolerância à variações ambientais extremas. *Clethra scabra*, *Myrsine coriacea* e a gramínea *Andropogon bicornis* apareceram em todas as áreas.

Clethra scabra possui potencial para ser usada como Produto Florestal não Madeireiro (PFNM), tendo indicações de uso apícola, forrageira, ornamental, produto bioquímico, medicinal e principalmente ecológico, pois apresenta crescimento rápido, alta produção de sementes e é frequentemente encontrada em solos pobres, compactados com vegetação mais esparsa (ICHASO; GUIMARÃES, 1975; MARQUES, 2007).

Myrsine coriacea também possui potencial para ser usada como PFNM, tendo indicações de uso apícola, ornamental, forragem, alimentícia, produto bioquímico e ecológico. É uma espécie muito indicada para a recuperação de áreas degradadas pois tem um bom desenvolvimento em solos secos, rasos e de baixa fertilidade, além de desempenhar um papel importante na sucessão da vegetação secundária (CARVALHO, 2003; ELIAS; SANTOS, 2016).

Andropogon bicornis é uma espécie heliófita, ruderal, e indiferente quando às condições físicas do solo. Representa uma das espécies herbáceas mais importantes no início do desenvolvimento da vegetação secundária, desaparecendo nos estágios da capoeira e capoeirão (CITADINI-ZANETTE; BOFF, 1992).

Dentre as espécies, destacaram-se também *Myrcia splendens*, *Trema micrantha* e *Leandra australis* consideradas espécies-chave, pois possuem grande valor ecológico uma vez que seus frutos são consumidos por várias espécies de pássaros, o que as tornam útil para recuperação de áreas degradadas por mineração (CARVALHO, 2003; CITADINI-ZANETTE et al., 2003; AMORIM et al., 2006; ALVES-COSTA; ETEROVICK, 2007; ANDREANI et al. 2014; FREITAS; KINOSHITA, 2015; ELIAS; SANTOS, 2016). As árvores que produzem frutos carnosos consumidos por aves, também podem atuar como poleiro natural para dispersores de sementes, constituindo assim foco de deposição de sementes nas áreas onde ocorrem (BEGNINI, 2011).

As pilhas de estéreis possuem grande diversidade de espécies pioneiras, porém, níveis elevados de alumínio prejudicam o desenvolvimento das plantas e o pH baixo pode indicar menor disponibilização de oxigênio, menor teor de matéria orgânica, menor capacidade de reter água e penetração das raízes e menor atividade biológica, o que dificulta a sucessão ecológica nesses ambientes. (TOMÉ JUNIOR, 1997; SANTOS et al., 2008).

Espécies como *Pteridium arachnoideum*, desenvolvem-se em solos que apresentam grande quantidade de alumínio, servindo como indicadora da presença deste metal no solo (OLIVEIRA; WENDLING, 2013).

Foram amostradas 21 espécies arbustivo-arbóreas, com altura $\geq 1,5$ m, que se desenvolveram espontaneamente sobre estéreis da mineração de carvão (Tabela 3).

Com relação à densidade, *Eucalyptus saligna* Sm., espécie exótica invasora, obteve maior valor. Seguida de *C. scabra* e *M. coriacea*. Essas três espécies perfazem 83% da densidade relativa total.

Quanto à frequência, *E. saligna* apresentou distribuição espacial mais ampla, estando presente em 30% das unidades amostrais. É seguida por *C. scabra* (20%) e por *M. coriacea* (16%). Essas três espécies perfizeram 66% de frequência relativa total. As demais espécies, com valores menores que 3%, somaram 34% da frequência relativa total, demonstrando que a grande maioria das espécies ocorreram com baixa frequência nos estéreis da mineração de carvão a céu aberto.

Na amostragem, apenas *E. saligna* se destacou na contribuição à área basal total por ter grande poder de adaptação nos ambientes alterados. Obteve também o maior valor para a altura máxima (10 m), seguida por *Croton celtidifolius* (7 m), *M. coriacea* (6 m), *C. scabra* (5 m) e *Mimosa scabrella* (4 m).

Com relação ao valor de importância, *E. saligna* apresentou o maior índice, seguida por *C. scabra* e *M. coriacea*. As três espécies corresponderam a 80% do valor de importância. As demais espécies obtiveram 20% do valor de importância.

E. saligna é comumente encontrada na região carbonífera de Santa Catarina em razão de plantios comerciais, bem como pela utilização em antigos projetos de recuperação ambiental de áreas

mineradas por carvão (PFADENHAUER; WINKLER, 1978; LIMA, 1996; SANTOS et al., 2009). Esta espécie está inserida na lista oficial de espécies

exóticas invasoras no Estado de Santa Catarina (CONSEMA, 2012).

Tabela 2 – Espécies nativas encontradas sobre pilhas de estéreis de mineração de carvão a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, onde, Campo Ilha (A), Campo Belluno (B), Malha II Leste (C), Malha II Oeste (D), Cantão (E), Vila Funil (F) e Morosini (G).

Nome científico	Família	Local de coleta							
		A	B	C	D	E	F	G	
ÁRVORES									
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	Lamiaceae				X			X	
<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae			X					
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Croton celtidifolius</i> Baill.	Euphorbiaceae							X	
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Cunoniaceae				X				
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	X			X	X		X	
<i>Mimosa bimucronata</i> Kuntze	Fabaceae		X						
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Fabaceae				X				
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae			X					
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Myrsinaceae	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	Symplocaceae			X	X	X			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae							X	
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae						X		
<i>Vernonanthura puberula</i> (Less.) H.Rob.	Asteraceae						X	X	
<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohl. ex Ser.	Cunoniaceae	X		X	X				
ARBUSTOS									
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Asteraceae				X				
<i>Baccharis punctulata</i> DC.	Asteraceae		X		X	X			
<i>Baccharis semiserrata</i> G.M.Barroso	Asteraceae		X						
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	Asteraceae	X			X				
<i>Baccharis uncinella</i> DC.	Asteraceae						X		
<i>Austroeupatorium inulifolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae			X	X	X	X		
<i>Grazielia intermedia</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	X			X	X			
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	X			X	X			
<i>Leandra australis</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	X		X	X	X	X	X	
<i>Margyricarpus pinnatus</i> (Lam.) Kuntze	Rosaceae				X				
<i>Ossaea amygdaloides</i> (DC.) Triana	Melastomataceae				X			X	
<i>Symphyopappus casarettoi</i> B.L.Rob.	Asteraceae	X							
<i>Tibouchina ramboi</i> Brade	Melastomataceae			X					
<i>Tibouchina sellowiana</i> Cogn.	Melastomataceae			X		X		X	
<i>Vernonanthura tweediana</i> (Baker) H.Rob.	Asteraceae				X				
HERBÁCEAS-TERRÍCOLAS									
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	Asteraceae				X				
<i>Andropogon bicornis</i> L.	Poaceae	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth	Poaceae				X	X			
<i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.	Anemiaceae	X							
<i>Axonopus fissifolius</i> (Raddi) Kuhlman	Poaceae			X					
<i>Baccharis vulneraria</i> Baker	Asteraceae						X		
<i>Baccharis anomala</i> DC.	Asteraceae	X		X			X		
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Asteraceae			X	X	X	X		
<i>Begonia cucullata</i> Willd.	Begoniaceae				X				

Nome científico	Família	Local de coleta						
		A	B	C	D	E	F	G
<i>Blechnum glandulosum</i> Kaulf. ex Link	Blechnaceae			X				
<i>Blechnum</i> sp.	Blechnaceae						X	X
<i>Chevreulia</i> sp.	Asteraceae				X			
<i>Coccocypselum condalia</i> Pers.	Rubiaceae					X		
<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Poaceae				X	X	X	
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Fabaceae			X	X	X		
<i>Hexasepalum radula</i> (Willd.) Delprete & J.H. Kirkbr.	Rubiaceae	X						
<i>Doryopteris</i> sp.	Pteridaceae	X						
<i>Elaphoglossum</i> sp.	Dryopteridaceae				X	X		
<i>Epidendrum fulgens</i> Brongn.	Orchidaceae				X			
<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC.	Asteraceae				X			
<i>Chromolaena verbenacea</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae					X		
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	Asteraceae				X	X		
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrader) Underw.	Gleicheniaceae	X		X		X	X	
<i>Habenaria</i> sp.	Orchidaceae						X	
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Hypoxidaceae			X			X	
<i>Liparis nervosa</i> (Thumb.) Lindl.	Orchidaceae				X			
<i>Lucilia</i> sp.	Asteraceae	X						
<i>Lycopodium cernuum</i> L.	Lycopodiaceae	X		X		X		
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopodiaceae	X		X		X		X
<i>Niphidium rufosquamatum</i> Lellinger	Polypodiaceae				X			
<i>Panicum gouinii</i> Fournier	Poaceae	X				X		
<i>Panicum</i> sp.	Poaceae			X				
<i>Dichanthelium superatum</i> (Hack.) Zuloaga	Poaceae			X				
<i>Paspalum pumilum</i> Nees	Poaceae	X	X		X			
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link	Pteridaceae		X	X				
<i>Pleopeltis lepidopteris</i> (Langsd. & Fisch.) de la Sota	Polypodiaceae				X			
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.)	Dennstaedtiaceae	X		X				
<i>Pterocaulon rugosum</i> (Vahl) Malme	Asteraceae	X			X			
<i>Relbunium hypocarpium</i> (L.) Helmsl.	Rubiaceae				X			
<i>Rumohra adiantiformis</i> Ching	Dryopteridaceae				X			X
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desvaux ex Hamilton) Roseng., Arrill. & Izag.	Poaceae					X		
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Plantaginaceae			X				
<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae				X		X	
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	Asteraceae					X	X	
<i>Tibouchina versicolor</i> (Lindl.) Cogn.	Melastomataceae	X		X	X		X	X
<i>Vernonia scorpioides</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae			X	X	X		X
TREPADEIRAS								
<i>Mikania glomerata</i> Spreng.	Asteraceae				X			
<i>Mikania hirsutissima</i> DC.	Asteraceae							X
<i>Mikania paranensis</i> Dusén	Asteraceae	X		X		X		X
<i>Mikania trinervis</i> Hook. & Arn.	Asteraceae	X			X	X		X
<i>Oxypetalum</i> sp.	Apocynaceae				X	X		
<i>Tassadia</i> sp.	Apocynaceae	X						

Tabela 3 - Parâmetros fitossociológicos estimados para as espécies amostradas em pilhas de estéreis da mineração de carvão a céu aberto no sul de Santa Catarina, para espécies arbustivo-arbóreas com altura $\geq 1,5$ m, em ordem decrescente de índices de valores de importância (IVI), DA = densidade absoluta, DR = densidade relativa, FA = frequência absoluta, FR = frequência relativa, DoA = dominância absoluta, DoR = dominância relativa.

Nome científico	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	IVI
<i>Eucalyptus saligna</i>	45,7	29,91	667,9	49,34	1,81	74,98	154,23
<i>Clethra scabra</i>	30,0	19,63	264,3	19,53	0,31	12,70	51,86
<i>Myrsine coriacea</i>	25,7	16,82	192,9	14,25	0,07	2,70	33,77
<i>Miconia ligustroides</i>	7,1	4,67	28,6	2,11	0,01	0,33	7,11
<i>Mimosa bimucronata</i>	4,3	2,80	35,7	2,64	0,03	1,23	6,67
<i>Tibouchina sellowiana</i>	4,3	2,80	25,0	1,85	0,03	1,17	5,82
<i>Croton celtidifolius</i>	2,9	1,87	14,3	1,06	0,07	2,76	5,69
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	4,3	2,80	10,7	0,79	0,03	1,16	4,75
<i>Mimosa scabrella</i>	2,9	1,87	25,0	1,85	0,01	0,45	4,17
<i>Ossaea brachystachya</i>	2,9	1,87	21,4	1,58	0,01	0,45	3,90
<i>Symplocos tenuifolia</i>	2,9	1,87	14,3	1,06	0,00	0,08	3,01
<i>Aegiphila sellowiana</i>	2,9	1,87	7,1	0,53	0,01	0,42	2,82
<i>Vernonanthura puberula</i>	2,9	1,87	7,1	0,53	0,00	0,12	2,52
<i>Trema micrantha</i>	2,9	1,87	7,1	0,53	0,00	0,04	2,44
<i>Austroeupatorium inulifolium</i>	2,9	1,87	7,1	0,53	0,00	0,02	2,42
<i>Annona cacans</i>	1,4	0,93	3,6	0,26	0,02	0,90	2,09
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	1,4	0,93	7,1	0,53	0,01	0,21	1,67
<i>Lamanonia ternata</i>	1,4	0,93	3,6	0,26	0,01	0,18	1,38
<i>Baccharis semiserrata</i>	1,4	0,93	3,6	0,26	0,01	0,05	1,25
<i>Myrcia splendens</i>	1,4	0,93	3,6	0,26	0,01	0,03	1,23
<i>Grazielia intermedia</i>	1,4	0,93	3,6	0,26	0,01	0,01	1,21
Total	152,9	100	1.354	100	2,45	100	300

4 CONCLUSÃO

As espécies presentes sobre os estéreis de mineração de carvão, pela condição em que se desenvolveram, indicam uma ampla tolerância à variações ambientais extremas como solos ácidos, com baixa capacidade de retenção de água e baixa quantidade de matéria orgânica, tornando-se espécies facilitadoras no processo de recuperação ambiental.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESC, pelas bolsas de Iniciação Científica por meio do Projeto Valorização do Carvão Mineral, concedidas aos dois primeiros autores. À CAPES, pelas bolsas de Doutorado concedidas ao terceiro e quarto autor e à Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), pela infraestrutura fornecida para o desenvolvimento do trabalho.

6 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES-COSTA, C. P.; ETEROVICK, P. C. Seed dispersal services by coatis (*Nasua nasua*, Procyonidae) and their redundancy with other frugivores in southeastern Brazil. **Acta Oecologica**, v. 32, p. 77-92, 2007.
- AMORIM, I. L.; FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; CHAVES, M. M. F. Aspectos morfológicos de plântulas e mudas de trema. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 866-91, 2006.
- ANDREANI, D. V. M.; MACEDO, M.; EVANGELISTA, M. M.; ALMEIDA, S. M. Aves como potenciais dispersoras de *Trema micrantha* (L.) Blume (Cannabaceae) em um fragmento florestal no estado de Mato Grosso. **Atualidades Ornitológicas**, n. 180, p. 33-37, 2014.
- BAUMAN, J. M.; COCHRAN, C.; CHAPMAN, J.; GILLAND, K. Plant community development following restoration treatments on a legacy

reclaimed mine site. **Ecological Engineering**, v. 83, p. 521-528, 2015.

BEGNINI, R. M. **Chuva de sementes, dispersores e recrutamento de plântulas sob a copa de *Myrsine coriacea*, uma espécie arbórea pioneira no processo de sucessão secundária da Floresta Ombrófila Densa**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)– Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BOFF, V. P.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. dos. Avaliação das espécies arbóreas do projeto M: recuperação piloto de áreas mineradas a céu aberto, Siderópolis, Santa Catarina, Blumenau. **Anais...** Blumenau: FURB, 2000. 1 CD-ROM.

BRANCALION, P. H.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

CAMPOS, L. M.; ALMEIDA, J. A.; SILVEIRA, C. B.; GATIBONI, L. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; MIQUELLUTI, D. J.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P. Impactos no solo pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 198-205, 2010.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Reabilitação ambiental de ecossistemas florestais: uma introdução. In: SEMANA DO ESTUDANTE UNIVERSITÁRIO, 1., 2003, Colombo. Florestas e Meio Ambiente: palestras. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa, 2003.

CITADINI-ZANETTE, V.; BOFF, V. P. **Levantamento florístico em áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis: SDM/FEPEMA, 1992.

CITADINI-ZANETTE, V.; NEGRELLE, R. R. B.; LEAL FILHO, L.; REMOR, R.; ELIAS, G. A.; SANTOS, R. *Mimosa scabrella* Benth. (Fabaceae) enhances the restoration in coal mining areas in the Atlantic Rainforest. **CERNE**, v. 23, n. 1, p. 103-114, 2017.

CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R.; KLEIN, A. S.; MARTINS, R.; BRUM-FIGUEIRÓ, A. C. Vegetação arbustivo-arbórea em fragmentos florestais do sul de Santa Catarina, Brasil. In: MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável**

no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar. Curitiba: Juruá, 2009. p.107-142.

CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R.; REMUS, G.; SOBRAL, M. Myrtaceae do sul de Santa Catarina: subsídio para recuperação de ecossistemas degradados. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, v. 9, n. 2, p.61-75, 2003.

CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução CONSEMA Nº 08, de 14 de setembro de 2012. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. **Diário Oficial de Santa Catarina**, n.19.429, 02 de outubro de 2012. p. 3-6.

ELIAS, G. A.; SANTOS, R. Produtos Florestais Não Madeireiros e Valor Potencial de Exploração Sustentável da Floresta Atlântica no Sul de Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 249-262, 2016.

FREITAS, M. F.; KINOSHITA, L. S. *Myrsine* (Myrsinoideae – Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 167-189, 2015.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F. Cletráceas. In: REITZ, P. R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1975.

KLEIN, A. S.; CITADINI-ZANETTE, V.; LOPES, R. P.; SANTOS, R. Regeneração natural em área degradada pela mineração de carvão em Santa Catarina, Brasil. **R. Esc. Minas**, v. 62, n. 3, p. 297-304, 2009.

LEI, H.; PENG, Z. YIGANG, H.; YANG, Z. Vegetation and soil restoration in refuse dumps from open pit coal mines. **Ecological Engineering**, v. 94 p. 638-646, 2016.

LEI, K.; PAN, H.; LIN, C. A landscape approach towards ecological restoration and sustainable development of mining areas. **Ecological Engineering**, v. 90, p. 320-325, 2016.

LIMA, A. T.; MITCHELL, K.; O'CONNELL, D. W.; VERHOEVEN, J.; CAPPELLEN, P. V. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamations and rehabilitation. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 227-233, 2016.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.

MARQUES, T. P. **Subsídios à recuperação de formações florestais ripárias da Floresta Ombrófila Mista do Estado do Paraná, a partir do uso espécies fontes de produtos florestais não-madeiráveis**. 2007. 235 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia e Fitossanitarismo)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New Jersey: The Blackburn Press, 2002.

OLIVEIRA, M. F.; WENDLING, I. J. **Uso e manejo de herbicidas em pastagens**. Sete Lagoas: Embrapa, 2013.

PFADENHAUER, J.; WINKLER, S. **Estudos sobre a problemática ecopaisagística das áreas de deposição de rejeitos da mineração**. Porto Alegre: Convênio FATMA/UFRGS, 1978.

ROCHA-NICOLEITE, E.; CAMPOS, M. L.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R.; MARTINS, R.; SOARES, C. R. F. S. **Mata Ciliar: implicações técnicas sobre a restauração após mineração de carvão**. Criciúma: SATC, 2013.

RODRIGUES, E. **Ecologia da restauração**. Londrina: Planta, 2013.

SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V.; LEAL FILHO, L. S.; MARTINS, R. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos florestais. In: MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar**. Curitiba: Juruá, 2009. p. 144-158.

SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V.; LEAL-FILHO, L.; HENNIES, W. T. Spontaneous vegetation on overburden piles in the coal basin of Santa Catarina, Brasil. **Restoration Ecology**, v. 16, n. 3, p. 444-452, 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.