



# 16° PRÊMIO DE *Excelência* da Indústria Minerometalúrgica Brasileira

**Projeto premiado com o 16° Prêmio de  
Excelência da Indústria  
Minerometalúrgica Brasileira  
13 de maio de 2014 - Hotel Ouro Minas -  
Belo Horizonte (MG)**



Tel. (11) 3895-8590

[premiodeexcelencia@revistaminerios.com.br](mailto:premiodeexcelencia@revistaminerios.com.br) / [eventos@revistaminerios.com.br](mailto:eventos@revistaminerios.com.br)

[www.revistaminerios.com.br](http://www.revistaminerios.com.br)

## Projeto para inscrição no 16º Prêmio de Excelência da Indústria Minero-metalúrgica Brasileira

**Título:** Recuperação de áreas mineradas na Amazônia por meio da técnica de nucleação.

**Categoria:** Meio Ambiente

**Autores:** Susiele Tavares<sup>1</sup>, Volnei Tenfen<sup>1</sup>, Pedro Pinto<sup>1</sup>, Ademir Reis<sup>2</sup> e Kurt Bourscheid<sup>2</sup>.

- 1- Alcoa World Alumina Brasil S.A. Juruti, PA, Brasil
- 2- Restauração Ambiental Sistêmica – RAS, SC, Brasil

**Autores:** Susiele Tavares<sup>1</sup>, Volnei Tenfen<sup>1</sup>, Pedro Pinto<sup>1</sup>, Ademir Reis<sup>2</sup> e Kurt Bourscheid<sup>2</sup>.

- 1- Alcoa World Alumina Brasil S.A. Juruti, PA, Brasil
- 2- Restauração Ambiental Sistêmica – RAS, SC, Brasil



**Pedro Martins Pinto** iniciou sua trajetória na unidade da Alcoa em Juruti (PA) como gerente de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA), em janeiro de 2011. Pedro é Engenheiro Ambiental e de Segurança, com MBA em Gestão de Projetos e pós graduação em Fauna e Flora e Higiene Ocupacional e, atualmente, cursa MBA em Gestão Financeira.



**Susiele Coelho Tavares** é Engenheira Florestal graduada na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e pós-graduada em Direito Ambiental. Susiele iniciou a carreira em outubro de 2009 na unidade da Alcoa em Juruti (PA), onde atua com recuperação de áreas mineradas, programas de conservação da fauna e da flora e também na gestão de terras.



**Volnei Tenfen** é Engenheiro Ambiental graduado pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), pós-graduado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e, atualmente, cursa Engenharia de Segurança do Trabalho, na Universidade de São Paulo (USP). Volnei atua há mais de 10 anos com gerenciamento ambiental no segmento de mineração, alimentos e energia. Iniciou a carreira na Alcoa em agosto de 2011 como Superintendente de Meio Ambiente.



**Kurt Bourscheid** é formado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Catarina em 2005 e mestre em Biologia Vegetal pela mesma universidade em 2008. Kurt trabalha como consultor ambiental, sócio e responsável técnico da empresa Restauração Ambiental Sistêmica Ltda., atuando como taxonomista vegetal em estudos técnicos voltados ao licenciamento ambiental e gerente de projetos de recuperação de áreas degradadas de caráter sistêmico, na área de geração de energia e mineração.



**Ademir Reis** possui Licenciatura em Ciências Biológicas pela Fundação Universidade Regional de Blumenau (1977), Licenciatura em Filosofia pela Universidade de Passo Fundo (1976), mestrado em Botânica pela Universidade Federal do Paraná (1983) e doutorado em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas (1995). É professor titular aposentado da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Ademir tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Botânica Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: restauração, sucessão, conservação, regeneração natural e demografia. É sócio-proprietário da empresa Restauração Ambiental Sistêmica Ltda., executando projetos e realizando consultorias e treinamentos.

## RESUMO

O processo de reabilitação das áreas mineradas da Juruti (PA) segue os princípios da restauração ambiental sistêmica, onde, busca-se por meio de diferentes técnicas de nucleação induzir a reabilitação natural do meio minerado o mais próximo possível da sua condição original. O objetivo foi desenvolver, por meio de um processo de integração entre todos os departamentos da Alcoa, uma nova tecnologia de recuperação de áreas mineradas que fosse mais eficiente, quando comparada com outros métodos tradicionais. A avaliação dos indicadores ocorreu no período de setembro a outubro de 2012. No que se refere à diversidade de espécies, foi possível identificar até 25 espécies nas parcelas e em todas as áreas também foi observado síndromes de interação planta/animal, pela presença de fezes, pegadas de animais, herbivoria e ninhos nos poleiros artificiais. Essas verificações indicam que as técnicas de nucleação aplicadas estão alcançando as respostas esperadas, principalmente no que se refere ao transporte e manutenção do banco de sementes contido no solo e nas galharias. Em todas as áreas avaliadas o solo apresenta a cobertura vegetal entre 80% e 100%, estando de acordo com o que se espera no Plano de Recuperação para o 1º e 2º ano. Ainda nesse primeiro ano de monitoramento foi possível registrar a presença de espécies de bagueiras, que são vegetais funcionais importantes para a manutenção e atração da fauna sobre os platôs, sendo que estes vegetais são esperados para o 3º-5º anos após a implantação do Plano. O modelo desenvolvido para a Alcoa Juruti se tornou referência para a implantação em outras grandes mineradoras da região.

**Palavras-chave:** Restauração Ambiental, Áreas Mineradas, Técnicas de Nucleação.

## **RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS NA AMAZÔNIA POR MEIO DA TÉCNICA DE NUCLEAÇÃO**

TAVARES, S.C.<sup>1</sup>; TENFEN, V.<sup>1</sup>; PINTO, P.M.<sup>1</sup>; REIS, A.<sup>2</sup> Kurt, B<sup>2</sup>.

3- Alcoa World Alumina Brasil S.A. Juruti, PA, Brasil

4- Restauração Ambiental Sistêmica – RAS, SC, Brasil

### **1. INTRODUÇÃO**

O princípio da recuperação ambiental sistêmica via nucleação (Reis et al. 2007, Reis & Três 2007, Três & Reis 2007) é uma tecnologia aplicada, pela primeira vez em mineração, na Mina de Bauxita de Juruti. Essa inovação tecnológica se baseia na visão biossistêmica, em que todos os componentes do ecossistema florestal a serem removidos pela mineração, são considerados como prioritários no processo de recuperação.

Considerando que as interações solo-planta representam a base para a formação de um novo ecossistema, que substituirá o removido pela mineração, o processo direciona a nucleação para uma neopedogênese, em que o aproveitamento da matéria orgânica, retida no *topsoil* e na biomassa florestal, é disposta em áreas em recuperação. Dessa forma, são criadas condições para a regeneração natural, como a chegada de espécies vegetais, animais e de microrganismos (Reis et al, 2010).

Reis et al. (2010) consideram que o objetivo da nucleação é disparar gatilhos ecológicos no processo de regeneração natural. Segundo os autores, os núcleos são elementos capazes de formar novas populações, novos nichos de regeneração e gerar conectividade na paisagem.

Dentro deste contexto, a nucleação em processos de mineração está voltada ao manejo da água, de forma que os fluxos de internalização favoreçam a reestruturação das camadas de solo, contribuindo para o fenômeno de neopedogênese – criação de um novo solo. A montagem de superfícies dissipativas e concentradoras criam rugosidades sobre as áreas mineradas de forma a evitar processos erosivos. Essas superfícies criam centros de concentração de energia capazes de manter ambientes favoráveis à expressão da biodiversidade local e das potencialidades futuras (Aumond 2008).

Os núcleos de energia, dispostos de forma a criarem rugosidades, facilitam a entrada de biodiversidade sobre as áreas mineradas. Para isso, são feitas transposições do *topsoil*, chuva de sementes, galharias e instalação de poleiros artificiais. Hutchings et al. 2000 preconizam que a

heterogeneidade ambiental é uma forma de garantir maiores probabilidades de sustentabilidade nos ecossistemas em formação.

Assim, o projeto de recuperação de áreas mineradas desenvolvido pela Alcoa caracteriza-se como um processo inovador, em particular no cenário da recuperação de áreas mineradas no setor de mineração de bauxita no Brasil, visando a formação de um novo ecossistema florestal com base na formação de um novo solo, na ciclagem da matéria orgânica e do banco de sementes acumulados nos ecossistema florestal original.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A criação de um novo projeto de grande porte na região amazônica, tendo como principal atividade a extração mineral, tem impactos ambientais e culturais bastante relevantes para a sociedade em geral. Na cidade de Juruti (PA), a alteração dos valores culturais foi significativa para a localidade. Surge o reconhecimento de que a Alcoa busca implementar programas eficientes de mitigações de impactos, que atendam às expectativas da comunidade local e da sociedade em geral.

O processo de mineração de bauxita desestrutura o solo e os perfis geológicos que estão acima das camadas a serem exploradas. A proposta de reabilitação via nucleação tem como principal fundamento a internalização da água, considerando seu fluxo vertical como o principal elemento reestruturador das camadas geológicas e da formação de um novo solo.

A atividade de enterrar a galharia (galhos, folhas e raízes) nas cavas é uma prática comum da atividade de mineração, sendo também praticada pela Alcoa antes da implantação do projeto de recuperação de áreas mineradas pela técnica de nucleação. Com o novo método, toda a galharia gerada na supressão vegetal é utilizada para recuperar as áreas mineradas. O aproveitamento dos resíduos florestais permite que os nutrientes do solo, armazenados pela floresta amazônica durante milhares de anos, sejam disponibilizados para a formação do novo ecossistema, após o processo de mineração.

## **3. OBJETIVO**

Desenvolver, por meio de um processo de integração entre todos os departamentos da Alcoa, uma nova tecnologia de recuperação de áreas mineradas, que seja mais eficiente quando comparada a outros métodos tradicionais.

Essa nova tecnologia visa o desenvolvimento de um processo sistêmico que envolva ganhos ecológicos e sociais de baixo custo, para a melhoria da condição em que se insere o

empreendimento, bem como devolver para a sociedade áreas com potencial de conservação da biodiversidade.

#### **4. METODOLOGIA**

Após a realização de um diagnóstico das situações-problema, optou-se pela montagem de módulos de 2500m<sup>2</sup>, definidos no campo pela construção de bermas contínuas que formam quadrados de 50 x 50 metros. Essas bermas têm em torno de três metros de base e uma altura que varia de 1,3 a 2 metros de altura e são construídas com o próprio material estéril deixado pelo processo de mineração ou com *topsoil*, conforme disponibilidade de material. Com essa técnica foram implantados 132 hectares na operação em 2012.

Nas áreas retidas pelas bermas foram depositados montes de *topsoil* e galharia, dispostas de forma a criar rugosidades (superfícies dissipativas e concentradoras). A galharia e o *topsoil* foram depositados de forma sincrônica com a sua retirada nas frentes de mineração. Os montes foram dispostos de forma a criar microbacias para a retenção da água, estando próximos para tocarem suas bases. Em cada módulo foram depositados em torno de 64 montes de 12m<sup>3</sup> cada, além da instalação de um poleiro artificial, formado pela disposição vertical de uma árvore fina de aproximadamente cinco metros de altura. Foram plantadas 300 mudas/ha de espécies arbóreas de interesse para a melhoria do solo (leguminosas fixadoras de nitrogênio) e espécies atratoras para a fauna (com funções de herbivoria, polinização e dispersão de sementes). A Figura 1 resume as principais atividades e funções do processo de nucleação na Mina de Juruti. No processo de monitoramento, previu-se avaliar o papel dos módulos na infiltração da água e na contenção dos processos erosivos.

Como forma de verificar a expressão do novo ecossistema florestal, foram previstas avaliações anuais do processo de cobertura vegetal das áreas e da regeneração natural. Após o terceiro ano de implantação, será realizada uma avaliação geral com o objetivo de verificar a necessidade de reintroduzir espécies atratoras da fauna e de interesse extrativista para as comunidades locais.

Os dados deste trabalho correspondem à primeira avaliação realizada após 20 meses de implantação do novo sistema de recuperação. A avaliação foi feita em seis áreas, onde foi realizado um levantamento florístico das mesmas.

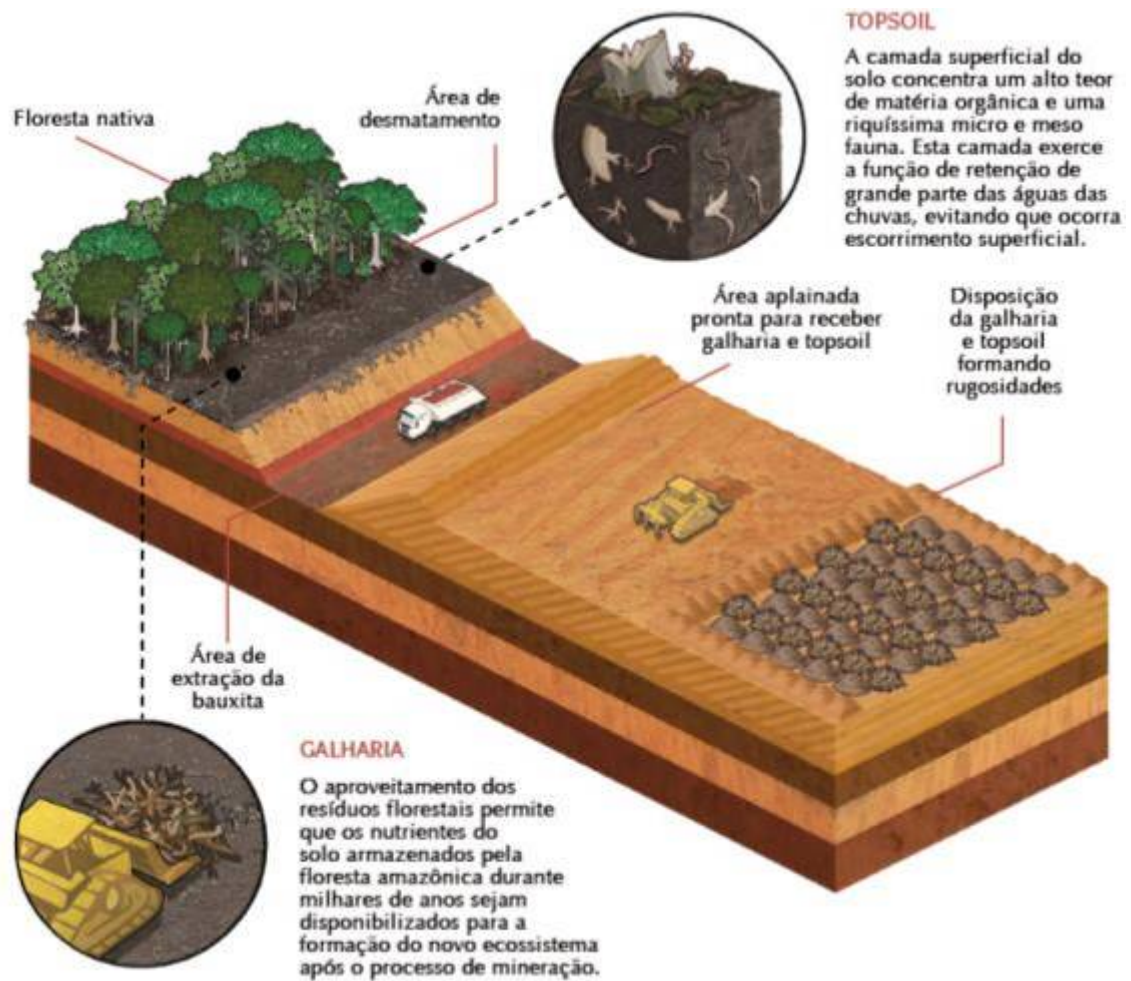


Figura 1. Infográfico caracterizando o processo de recuperação ambiental sistêmica via nucleação na Mina de Juruti.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Controle de processos erosivos

Na avaliação da eficiência das microbacias, as mesmas se mostraram eficazes na retenção e rápida infiltração da água no solo (Figura 2). Não ocorreram rompimentos e transbordos das bermas dos módulos de restauração. Conseqüentemente, não houve processos erosivos externos a cada um dos módulos implantados.



Figura 2. Retenção de água (esquerda) e infiltração de água (direita) nas microbacias no processo de recuperação sistêmica via nucleação da Mina de Juruti.

As áreas implantadas apresentaram boa cobertura vegetal, ocorrendo somente pequenas ilhas de áreas com vegetação mais esparsa, possivelmente associadas ao material de origem (*topsoil*) com banco de sementes mais pobre (Figura 3).



Figura 3: Área com 100% de cobertura vegetal (esquerda) e área com menor cobertura vegetal (direita) no processo de recuperação sistêmica via nucleação da Mina de Juruti.

#### 4.2. Cobertura da área e aumento da biodiversidade

A cobertura vegetal iniciou-se pela regeneração de duas espécies rastejantes que, rapidamente, cobriram o solo formando uma rede de barços, contribuindo com a retenção de sedimentos no processo de deslocamento das partículas sobre os montes e influenciando, positivamente, o processo de reestruturação do solo. *Ipomoea* sp. (Convolvulaceae) e *Cleobulia leiantha* (Fabaceae/Papilionoideae) foram as espécies pioneiras mais expressivas nesta fase. A *Ipomoea* produziu abundante floração e frutificação e grande parte de seus barços morreram após a primeira



frutificação. *Cleobulia leiantha*, por outro lado, continua apresentando uma boa cobertura na área, inclusive cobrindo parte das copas de *Trema micrantha* (curumim). Num crescimento concomitante, ocorreu uma forte regeneração de espécies arbóreas pioneiras: *Trema micrantha* (curumim) e *Cecropia* spp. (embaúbas). A primeira corresponde a 95% da cobertura vegetal das áreas recuperadas e as espécies do gênero *Cecropia* cerca de 4%.

Após 20 meses de implantação, o levantamento florístico revelou a presença de 71 morfoespécies (Tabela 01). Entre as registradas, detectou-se a presença de espécies de estágios sucessionais mais avançados, inclusive a presença de espécies emergentes das Florestas de Terra Firme da região.

Tabela 01 – Relação das morfoespécies regenerantes nas áreas em recuperação em áreas mineradas de bauxita em Juruti. O nome das famílias foi abreviado com as quatro primeiras letras; as síndromes de dispersão (Sind. Disp.) foram abreviadas em: zoo = zoocoria; ane = anemocoria; auto = autocoria; baro = barocoria.

Família	Nome científico	Nome popular	Forma de vida	Sind. Disp.	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6
Ana	<i>Tapirira guianensis</i>	Tatapiririca	arvore	zoo			x			x
Anno	<i>Annona sp.</i>	Embira-preta	Arvore	zoo						x
Anno	<i>Xylopia sp1</i>	envira	Arvore	zoo		x				
Apoc	<i>Geissospermum sp.</i>	Quinarana	arvore	?	x					
Apoc	<i>Aspidosperma sp.</i>	Carapanaúba	Arvore	ane					x	
Arac	<i>Phylodendron sp.1</i>	Ambé	erva	zoo			x			
Aral	<i>Schefflera sp1</i>	Morototó	Arvore	zoo	x	x	x		x	x
Arec	<i>Orbignya phalerata Mart</i>	Babaçu	Arvore	baro		x				
Arec	<i>Astrocaryum aculeatum</i>	Tucumã	Arvore	zoo				x	x	
Aste	<i>Mikania sp1</i>	Cipó-guaco	cipó	ane	x					
Bign	<i>Jacaranda sp1.</i>	Parapará	Arvore	ane				x	x	x
Bign	<i>cf Handroanthus</i>	Ipê	árvore	ane						x
Bign	<i>Morfo sp1</i>	Cipó	cipó	ane			x			
Bixa	<i>Bixa sp.</i>	Urucurana	arbusto	zoo		x				
Cary	<i>Caryocar cf. villosum</i>	Pequiá	Arvore	zoo		x	x			
Conv	<i>Ipomoea sp.</i>	Corda-de-viola-branca	cipó	auto	x	x			x	
Cype	<i>Scleria sp1</i>	Capa-homem	cipó	Ane	x	x	x	x	x	x
Eupho	<i>Manihot sp1</i>	Maniva-de-veado	arbusto	Auto	x					
Eupho	<i>Hevea sp.</i>	Seringueira-do-mato	Arvore	Auto						x
Faba	<i>Morfo sp estipulas grandes</i>	?	?	?			x			
Faba	<i>fabatrifoliada</i>	?	arvore	Auto	x					
Faba	<i>fabafacheiro</i>	Facheiro	arvore	Auto			x			
Faba	<i>Himenaee sp.</i>	Jatobá	Arvore	zoo					x	
Faba	<i>morfo sp. 1 (Faba bipinada)</i>	?	cipó	?						
Faba	<i>Cleobulia leiantha</i>	Batatarana	cipó	Auto	x	x	x	x	x	x
Faba	<i>cf. Mimosa sp.</i>	Rabo-de-calango	cipó	Auto					x	
Heli	<i>Heliconia sp1</i>	Caeté	erva	zoo	x	x	x	x	x	x
Heli	<i>Heliconia sp2</i>	caeté	erva	zoo						x
Hype	<i>Vismia sp.</i>	Lacre	Arvore	zoo	x	x	x	x	x	x
Igno	<i>morfo sp1</i>	cururana	arvore	?						x
Igno	<i>morfo sp2</i>	Tachi-branco	Arvore	?					x	
Igno	<i>morfo sp3</i>		cipó	?						x

Igno	<i>morfo sp4</i>	Maracarana	?	?		x				
Igno	<i>morfo sp5</i>	Piriquiteira	Arvore	?		x				
Igno	<i>morfo sp6</i>	Murici-branco	Arvore	zoo		x				
Igno	<i>morfo sp7</i>	Assa-cavalo	arvore	?					x	x
Igno	<i>morfo sp8</i>	Fel-de-paca	?	?	x					
Igno	<i>morfo sp9</i>	Mairá-cotia	Arvore	?						x
Igno	<i>morfo sp10</i>	Mairá-cotia	arvore	?						x
Igno	<i>morfo sp11</i>	Folhas ferruginosas	?	?				X		
Igno	<i>morfo sp12</i>	Tamanqueiro	Arvore	?					x	
Lami	<i>Aegiphilla sp.</i>	Pau-de-bicho	Arvore	zoo						x
Laura	<i>cf. Aniba sp</i>	Preciosa	arvore	zoo					x	
Malv	<i>c. ceiba</i>	Marissarro-da-terra-firme	arvore	ane					x	
Mara	<i>cf. Marantha sp 1.</i>	Arumã	erva	zoo	x	x	x	x	x	x
Mara	<i>cf. marantha sp. 2</i>	Caeté	erva	zoo						
Mela	<i>Belucia sp.</i>	Mouúba	arbusto	zoo	x	x	x	x	x	x
Meni	<i>Cissampelos cf. andromorpha</i>	Cipó-abutua	cipo	zoo		x				
Mora	<i>Sorocea sp.</i>	Espinheira-de-leite	Arvore	zoo					x	
Mora	<i>cf. Bagassa sp.</i>	Tatajuba	arvore	zoo						x
Myri	<i>Virola sp.</i>	Cupiúva-vermelha	arvore	zoo			x			
Myrt	<i>Sp1</i>	Jabotizeiro	arvore	zoo						x
Myrt	<i>morfoespecie 01</i>	Tucujá (?)	Arvore	zoo		x				
Passi	<i>Passiflora coccinea</i>	Maracujá-de-cobra	cipó	zoo	x					
Poac	<i>Panicum sp.</i>	Capim	erva	zoo					x	
Poac	<i>Olyra sp1</i>	Taboca	erva	ane	x	x	x	x	x	x
Rham	<i>Gouania cf. ulmifolia</i>	Cipó	cipó	auto						
Rubi	<i>Spermacoce sp.</i>	Piracupireira	erva	auto	x	x	x	x	x	x
Rubi	<i>Spermacoce sp.2</i>		erva	auto						x
Sali	<i>Casearia sp.</i>	Cupiúva-branca	arvore	zoo	x	x				
Sapo	<i>sapo abiudamata</i>	Abiú-da-mata	arvore	zoo						x
Sapo	<i>Morfoespecie 09</i>	Abiurana	arvore	zoo					x	
Sapo	<i>Manilkara sp1</i>	Massaranduba	arvore	zoo					x	
Sola	<i>Solanum sp.3</i>	Cega-jumento	arbusto	zoo					x	
Sola	<i>Solanum sp1</i>	Cega-jumento	arbusto	zoo	x	x	x	x	x	x
Sola	<i>Solanum sp.</i>	Lobeira	arbusto	zoo	x	x	x	x	x	x
Ster	<i>Theobrama cf. microcarpum</i>	Cupurana da mata	arvore	zoo			x			
Urti	<i>Trema micrantha</i>	Curumim	arvore	zoo	x	x	x	x	x	x
Urti	<i>Cecropia sp1</i>	Embaúba folha-grande	arvore	zoo	x	x	x	x	x	x
Urti	<i>Cecropia sp2</i>	Embaúba-de-folhas-estreitas	arvore	zoo	x	x	x	x	x	x
Vita	<i>Cissus cf. sulcicaulis</i>	Cipó-quatro-quinas	cipó	zoo			x			

A proporção de espécies em cada forma de vida foi a seguinte: ervas 13%, arbustos 8%, lianas 17%, arbóreas 56% (Figura 4). As síndromes de dispersão das espécies regenerantes foram: 14% autocóricas, 1% barocóricas, 52% zocóricas, 13 anemocóricas e 20% permaneceram indefinidas (Figura 5).

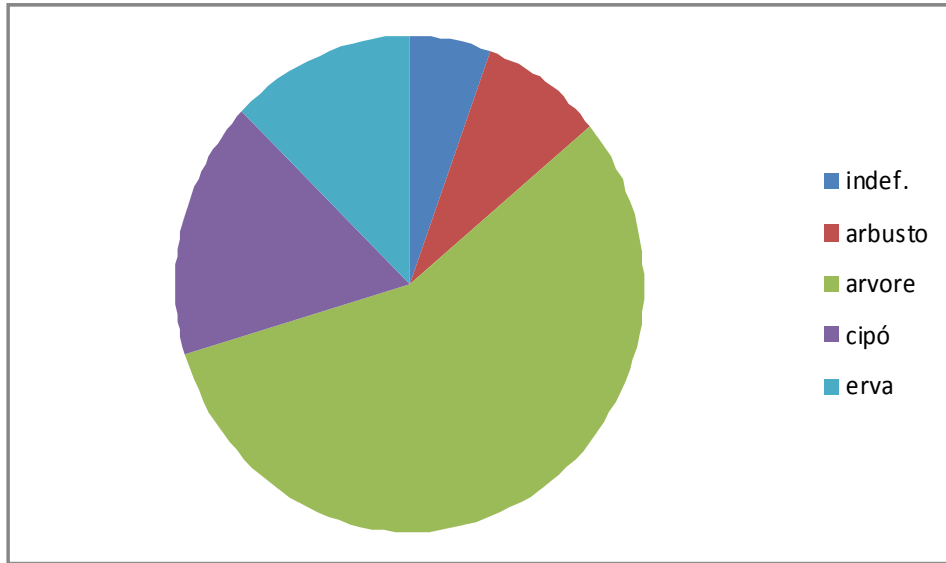


Figura 4: Formas de vida das espécies regenerantes na Mina de Juruti, após 20 meses de aplicação do processo de recuperação sistêmica via nucleação.

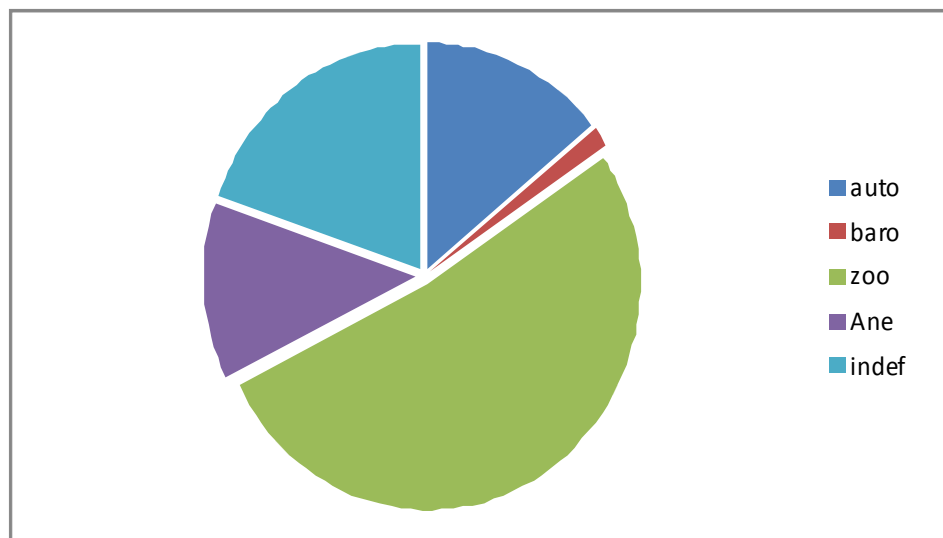


Figura 5: Síndromes de dispersão das espécies regenerantes na Mina de Juruti, após 20 meses de aplicação do processo de recuperação sistêmica via nucleação.

#### 4.3. Manifestação de funcionalidades das interações bióticas

O processo de herbivoria foi observado em todas as áreas em processo de recuperação. A recolonização de insetos nas áreas ajuda na ciclagem dos nutrientes, bem como a polinização de flores (Figura 6) das espécies pioneiras que já ocupam a área. Além disso, nesse processo está a formação da serapilheira sobre o solo que representa uma nova forma de microrrugosidades sobre o

solo, contribuindo para evitar escoamentos superficiais das águas pluviais e, ao mesmo tempo, para a formação da neopedogênese com a introdução de matéria orgânica no solo (necromassa).



Figura 6: Indícios de herbivoria em *Solanum* sp. (esquerda) e sinais de oferta de alimento para polinizadores em *Ipomoea* sp. (direita), após 20 meses de aplicação do processo de recuperação sistêmica via nucleação na Mina de Juruti.

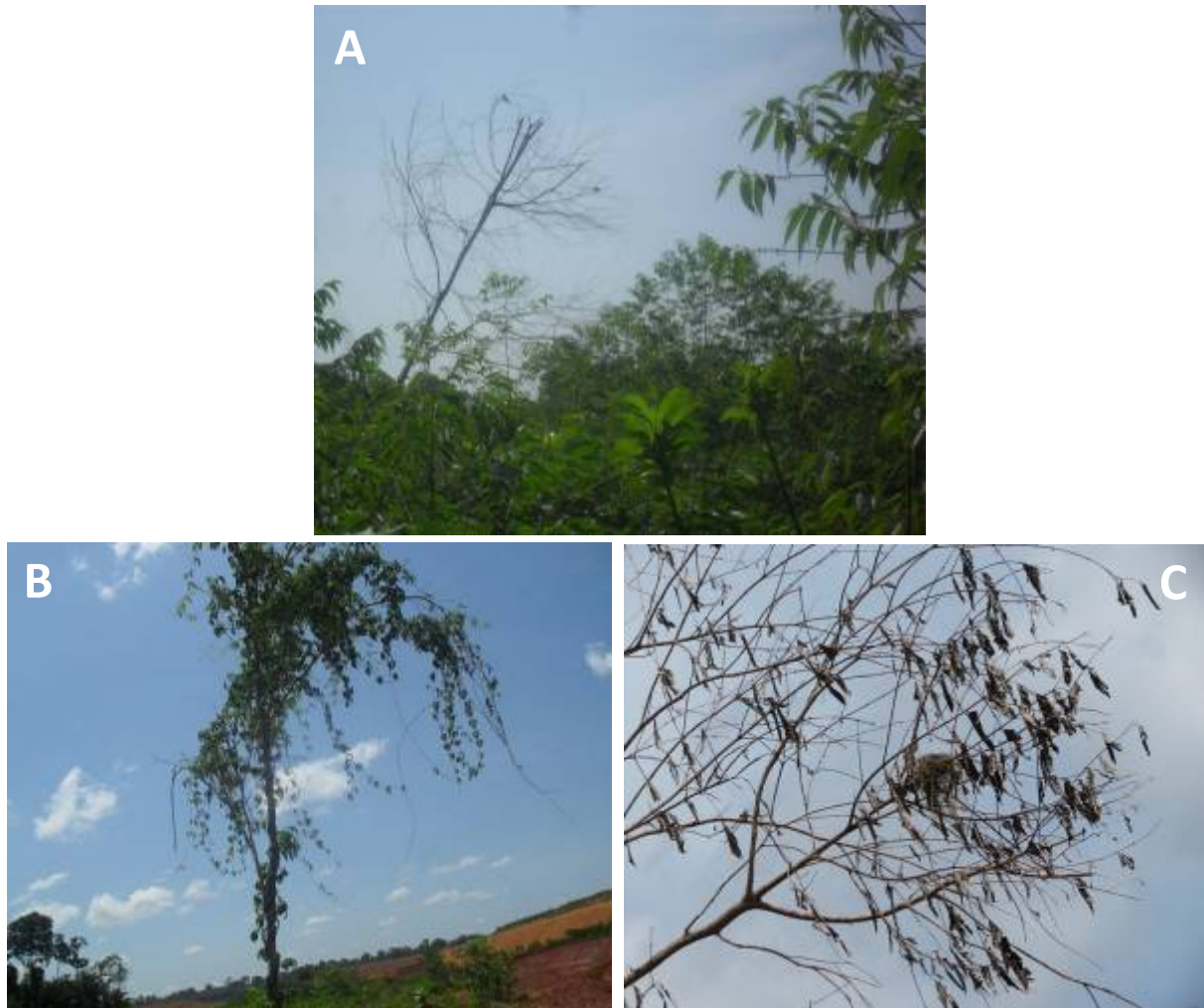
#### 4.4. Poleiros Artificiais

Foi observada, ainda, a visita de pássaros nos poleiros fixados nas áreas em recuperação, inclusive nos fragmentos isolados por estradas e mais distantes da borda (Figura 7A). Sem a presença dos poleiros nestas áreas, possivelmente, pelo menos nos períodos iniciais, a presença de avifauna só seria observada nos módulos localizados próximos a borda do platô.

Em alguns poleiros foi evidenciada a formação natural de poleiros vivos e de ninhos (Figura 7B e Figura 7C, respectivamente). A formação de ninhos indica que os pássaros irão permanecer mais tempo naquele ponto e, conseqüentemente, a deposição de sementes será mais intensa, enquanto os poleiros vivos irão imitar árvores para atrair animais que não utilizam os poleiros secos. Dentro desse grupo, destacam-se os morcegos, principais dispersores das florestas tropicais e subtropicais.

Nos fragmentos isolados, a atuação dos pássaros e dos morcegos é extremamente importante, haja vista que atuam como os únicos dispersores de sementes, pois, a ausência de conectividade impede a visita de outras espécies da fauna e, conseqüentemente, o fluxo gênico entre eles e as florestas de borda.

Figura 7. Poleiros artificiais com pássaros (A), com ervas crescendo sobre eles (B) e com ninhos de aves (C), após 20 meses de aplicação do processo de recuperação sistêmica via nucleação na Mina de Juruti/PA.



## 5. Considerações finais

Os dados mostram que a nova tecnologia de recuperação, implementada em Juruti, inicia um processo de formação de uma nova comunidade florestal com reestruturação do solo, deposição de serapilheira, percolação da água e da manifestação de uma vegetação com diversificação de formas de vida e de síndromes de dispersão.

As plantas denominadas bagueiras (zoocóricas) têm papel fundamental para a manutenção do equilíbrio dinâmico das florestas e também para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que, quando com seus frutos maduros, atrairão os animais dos remanescentes florestais da região e, por sua vez, trarão para área ainda mais sementes para o aumento da diversidade de espécies locais.

O processo de herbivoria foi observado em todas as áreas em processo de recuperação. A recolonização de insetos nas áreas ajuda na ciclagem dos nutrientes, bem como na polinização de flores das espécies pioneiras, que já ocupam a área (Figura 8) .

Figura 8: Presença de frutos de *Passiflora coccinea* (maracujá-do-mato) com potencial para a atração

A nova tecnologia introduzida em Juruti mostra-se, até o momento, eficiente no controle dos processos erosivos, na percolação das águas pluviais e na formação do novo ecossistema florestal. Essas melhorias ambientais caracterizam que é possível minimizar os impactos gerados pela mineração desde que sejam empregadas técnicas de recuperação que propiciem a formação de um novo ecossistema florestal. A Figura 9, Figura 10 e a Figura 11 mostram como a regeneração da área está evoluindo ao longo do tempo.



Figura 9: Projeção realizada inicialmente da primeira fase (1 a 2 anos) do projeto, com vegetação atingindo até 5 metros de altura nas áreas com aplicação do processo de recuperação sistêmica via nucleação.



Figura 10: Aspecto geral da vegetação em regeneração 12 meses após a implantação do processo de recuperação sistêmica via nucleação (esquerda) e 18 meses após a implantação (direita).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUMOND, J. J.; LOCH, C.; COMIN, J. J. Abordagem Sistêmica e o uso de Modelos para Recuperação de Áreas Degradadas. VII Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Anais... SOBRADE: Curitiba, 2008, p.636

EHRENFELD, J.D. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology*, 8, p. 2-9, 2000.

KING, E.G.; WHISENANT, S. Threshold in ecological and linked social-ecological systems: application to restoration. In: HOBBS, R.J.; SUDING, K. (Eds.) *New models for ecosystem dynamics and restoration*. Washington DC: Island Press, 2009, p.63-77.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPINDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; LOPES, L. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Natureza & Conservação*, v.1, p. 85-92, 2003.

REIS, A.; TRES, D.R. Nucleação: integração das comunidades naturais com a paisagem. In: FUNDAÇÃO CARGILL, (Ed.) *Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas*. São Paulo: Cargill, 2007, p. 28-55.

HUTCHINGS, M.J.; JOHN, E.A.; STEWART, A.J.A, (Ed.) *The ecological consequences of environmental heterogeneity*. Cambridge: University Press, p.1-8, 2000.

TRES, D.R.; REIS, A. La nucleación como propuesta para la restauración de La conectividad del paisaje. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA, 2. Santa Clara: Proceedings, 2007.

WHISENANT, S.G. *Repairing damaged wildlands: a process-orientated, landscape-scale approach*. Cambridge: University Press, 1999. 224p.