



**BOLSAS FUNBIO**  
CONSERVANDO  
O FUTURO



## **Bolsas Funbio - Conservando o Futuro**

### **1. Título do projeto**

Desvendando os fatores que afetam o crescimento da biomassa em florestas tropicais secundárias

### **2. Tipo de bolsa solicitada**

Doutorado

### **3. Instituição de Ensino/Programa;**

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC); Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

### **4. Nome do aluno**

- **Nome:** Janaine Isabela da Silva Rocha,
- **Titulação:** Bacharelado em Engenharia Florestal, Mestre em Ecologia e Conservação da biodiversidade;
- **Currículo Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/3777753564143572>

### **5. Orientador do projeto:**

- **Nome:** Daniel Piotto.
- **Titulação:** Doutorado
- **Cargo:** Professor do Magistério Superior
- **Tipo de vínculo com a IES:** Professor externo, membro permanente do PPG em Ecologia e Conservação da Biodiversidade
- **Currículo Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/0527409617518472>

## **6. Detalhamento do projeto:**

### **6.1 Introdução**

As florestas tropicais armazenam em torno de 70 a 80% do carbono terrestre total (Houghton, 2008), 37% do carbono terrestre na forma de biomassa vegetal (Aguilar et al, 2016) e a maior parte da diversidade de árvores do mundo (Slik et al, 2015). Nos últimos anos esses estoques globais de carbono na biomassa florestal foram reduzidos principalmente pela degradação florestal, com a conversão de florestas para outros usos da terra (FAO, 2015; ter Steege et al, 2015). Poucas das florestas tropicais remanescentes podem ser consideradas florestas primárias, as florestas secundárias representam mais de 50% das florestas atuais (Willis et al. 2004; FAO, 2015; Lenox et al, 2018).

As florestas secundárias se tornaram relevante nas paisagens tropicais e a principal cobertura florestal remanescente em muitas regiões (Lenox et al, 2018). Essas podem se recuperar rapidamente, retornando a estrutura e biomassa da floresta madura em torno de 40 anos (Dent e Wright, 2009; Piotto et al, 2009). Essa recuperação da estrutura e diversidade de plantas possibilita a recuperação da fauna, representando um importante refúgio para muitas espécies silvestres (Chazdon et al, 2009; Dent e Wright, 2009), importante sumidouro global de carbono (Eva et al. 2012) podendo mitigar a extinção causada pelo declínio de áreas de habitat naturais (Wright e Muller-Landau, 2006).

Estudos tem mostrado que as mudanças na estrutura e na biomassa durante a regeneração das florestas são determinadas por interações complexas de fatores bióticos e abióticos e mudanças nas condições ambientais, como nutrientes, temperatura e luz (Brow e Lugo, 1990; Dent et al, 2012), por fatores como histórico no uso do solo, contexto da paisagem (Bowen et al, 2007; Chazdon et al, 2009, 2014) e composição de espécies (Powers et al, 2009). Assim, diversos fatores controlam o crescimento da biomassa em florestas tropicais secundarias que estão em regeneração.

As características dos solos compõem fatores limitantes na recuperação florestal, e é afetada principalmente pela redução na oferta de nutrientes minerais no solo (Ceccon et al., 2002; Baker, 2003; Campo e Vazquez-Yanes, 2004). Como exemplo, o

empobrecimento de nutrientes disponíveis para as plantas pode limitar as taxas de crescimento das árvores (Davidson et al, 2004), altera a produtividade primária líquida (Wright et al, 2011; Alvarez-Clare et al, 2013), a capacidade fotossintética das plantas (Cordell et al., 2001) e por fim determina a biomassa em florestas secundárias (Campo e Vazquez-Yanes, 2004).

Na regeneração de florestas tropicais, a composição de espécies tem potencial modificador do sequestro de carbono (Rozendaal e Chazdon, 2015). A variação na produtividade do ecossistema pode ser determinada pela riqueza de espécies (Tilman et al., 2001; Finegan et al, 2015), ocorrência de espécies com alta produtividade (Loreau e Hector, 2001; Cardinale et al. 2007; Finegan, 2015) e presença de grandes árvores (Clark e Clark, 2000; Marshall et al., 2012; Slik et al., 2013). Além disso o histórico de perturbações é considerado um dos fatores que mais afeta a taxa de regeneração e a quantidade de biomassa das florestas secundárias (Marín-Spiotta et al, 2007; Griscom e Ashton, 2011), aliado a intensidade e frequência dos eventos de perturbação (Barlow et al., 2012; Aragão et al., 2014), a facilidade de acesso ao local e a distância até a borda (Alves et al, 2010; Berenguer et al, 2014). A conectividade com florestais maduras melhora as condições ambientais e promove uma maior chuva de sementes externa e aumento da colonização de plantas lenhosas, podendo aumentar a produtividade e a quantidade de biomassa (Groeneveld et al, 2009; Poorter et al, 2016).

Essas características são de extrema importância para entender quais fatores ambientais determinam a taxa de acumulação de biomassa e carbono na regeneração das florestas tropicais. A biomassa é considerada um excelente indicador para outros indicadores associados ao desenvolvimento sucessional de florestas tropicais (Chazdon, 2014). Geralmente os resultados das avaliações de biomassa e carbono em florestas são monitorados através de inventários de campo, porém o monitoramento da biomassa em escala de paisagem é economicamente e operacionalmente limitado. As atuais tecnologias de sensoriamento remoto ativo, como o LIDAR (Light Detection and Ranging), tem grande potencial para descrever a estrutura das florestas, permitindo estimar biomassa acima do solo em escala de paisagem (Asner et al, 2010; Leitold et al, 2018; Almeida et al, 2019), uma vez que o LIDAR passa pelo dossel da floresta chegando até o solo (Sankey et al, 2017), e com isso, contribuir na compreensão dos problemas associados a dinâmica de carbono em florestas tropicais (Stark et al, 2012).

Nesse sentido a compreensão das variáveis que controlam a acumulação da biomassa em florestas tropicais é crucial, visto a importância do sequestro de carbono para redução das mudanças climáticas e contribuição para ações da Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação (REDD +). Algumas pesquisas vêm sendo realizadas com intuito de entender o papel de variáveis ambientais que controlam a biomassa acima do solo em florestas tropicais (Clark e Clark, 2000; Zarin et al, 2001; Baker et al., 2004; Cleveland et al., 2011) e a maioria desses estudos relaciona o aumento da biomassa com a idade (Chapin et al, 2011; Rozendall e Chazdon, 2015; Becknell et al, 2018). No entanto, grande variação da biomassa em área com a mesma idade infere que outras variáveis estão influenciando o desenvolvimento da biomassa.

Assim, os fatores ambientais e distúrbios naturais e antrópicos provavelmente afetam a acumulação da biomassa direta ou indiretamente e esses fatores podem variar ao longo da sucessão (Lohbeck et al. 2012). Portanto, é crítico avaliar quais variáveis ambientais e tipos de distúrbio favorecem o desenvolvimento da biomassa acima do solo, quando a idade dos sítios é controlada, com vistas diretamente ao potencial de recuperação da biomassa para o controle dos estoques de carbono e redução das mudanças climáticas e indiretamente ao potencial de manejo de florestas secundárias e a conservação de espécies prioritárias para a conservação da biodiversidade.

## **6.2. Justificativa**

As florestas tropicais secundárias têm um alto valor para conservação em paisagens modificadas pelo homem, por fornecerem um conjunto de serviços ecossistêmicos que estão ligados a resiliência da biomassa das florestas (Lohbeck et al, 2015) e apresentarem altas taxas de sequestro de carbono com grandes consequências para o ciclo de carbono global (Grace et al, 2014). Adicionalmente, as florestas secundárias contribuem diretamente com duas das atividades previstas pelo REDD +: a conservação de estoques de carbono florestal (existentes) e aumento de estoques de carbono florestal (CDB, 2011).

A biomassa está ligada diretamente ao carbono global, pois além de interceptar a energia da radiação através das folhas para sequestrar o carbono da atmosfera, também fornece nutrientes para os processos de ciclagem em ecossistemas florestais, sendo uma variável diretamente relacionada ao potencial de sequestro de carbono pelo ecossistema florestal (Dong et al, 2019). Além de ser um dos mais importantes preditores da

biodiversidade em florestas tropicais (Lennox et al, 2018), por estar relacionada a estrutura da vegetação que influencia diretamente na biodiversidade (Houghton, 2009). A biomassa está positivamente relacionada a riqueza de espécies (Cavanaugh et al, 2014; Poorter et al, 2015), a riqueza de árvores (Ruiz-Jaen e Potvin, 2010) e a diversidade de aves e besouros (Rozendaal et al, 2018), entre outras espécies.

Assim, o entendimento dos processos que afetam a recuperação da biomassa das florestas tropicais modificadas pelo homem e que fornecem diversos serviços ecossistêmicos é de grande importância, visto que as variações no crescimento das florestas dependerão da variação na disponibilidade de recursos, de diferenças na composição funcional e dos tipos de distúrbios das florestas tropicais. Dessa forma, entender os fatores que controlam a produtividade das florestas tropicais é fundamental para quantificar o balanço de carbono global.

### **6.3 Objetivos**

#### **6.3.1 Objetivo geral**

Entender como a biomassa varia ao longo da sucessão e quais variáveis controlam esses processos é uma questão central em florestas tropicais. Assim objetivamos avaliar como os estoques de biomassa acima do solo em florestas secundárias são afetados pelas características dos solos, composição florística local, histórico do uso da terra, regime de distúrbio e contexto da paisagem, quando a idade do sítio é controlada.

#### **6.3.2 Objetivos específicos:**

- i. Avaliar se a biomassa acima do solo é influenciada pelos efeitos dos atributos dos solos (química, físico e densidade aparente);
- ii. Avaliar se a biomassa acima do solo é influenciada pela composição de espécies e pela presença de espécies invasoras;
- iii. Avaliar quais são os efeitos diretos e indiretos do histórico do uso do solo e do regime de distúrbios sobre a acumulação de biomassa e sobre a composição de espécies; e
- iv. Explicar se a variabilidade na biomassa acima do solo pode ser influenciada pelo contexto da paisagem.

### **6.4 Metodologia a ser utilizada**

#### **6.4.1 Local de estudo**

O estudo será realizado no Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC), localizado no sul da Bahia, Brasil, a 14 30'16" S e 39 6'36" W, inserido no bioma Mata Atlântica. O parque que apresenta área de cerca de 10.000 ha que compõe um mosaico de fragmentos florestais em diferentes estágios de desenvolvimento, incluindo remanescentes de florestas antigas (Piotto et al, 2009), com vegetação predominante de floresta ombrófila densa. A temperatura média mensal é de 24 C, com precipitação média anual de 2.000 mm distribuída uniformemente ao longo do ano (Landau 2003). O parque protege umas das maiores áreas de Mata Atlântica no nordeste do Brasil, apresenta floresta secundária em diferentes estágios de regeneração, com áreas de restauração florestal, de florestas antigas que foram seletivamente exploradas no passado, com extração seletiva, caça e colheita de fibras e algumas áreas de pasto e ocupadas dentro do parque. Além de estradas e trilhas usadas pelos moradores locais (Becknell et al, 2018).

Serão utilizadas 30 parcelas de 0,25ha (50 x 50m) divididas em classes de idade e nível de biomassa. Nas seguintes classes de idade: Classe 1: 0 a 10 anos; Classe 2: 11 a 20 anos; Classe 3: 21 a 30 anos, dentro de cada classe de idade serão escolhidas 5 parcelas com alto e 5 com baixa biomassa, utilizando dados de biomassa do Lidar. Os dados do Lidar, representam o maior banco de dados coletados no Brasil e foram coletados com um sensor Optech Orion M300 de múltiplos retornos, acoplado em um avião voando a 850m de altitude, da empresa brasileira GEOID de mapeamento a laser, em uma área de 4529ha na região sul do parque, no ano de 2015.

#### **6.4.2 Medições da Biomassa**

Serão medidos os diâmetros a 1,3m (DAP) de todas as árvores acima de 10cm e árvores abaixo de 10cm (DAP) serão amostradas em 5 sub parcelas de 5x10m localizadas de forma aleatória. A biomassa será estimada utilizando a equação alométrica geral para florestas tropicais, que usa as seguintes características: DAP, densidade da madeira e um índice climático (que combina sazonalidade da temperatura, déficit hídrico climático e a sazonalidade da precipitação) (Chave et al, 2014).

#### **6.4.3 Composição florística**

Em todas as parcelas serão medidos DAP e a altura das árvores e arbustos. Será realizada coleta de material botânico de cada espécie, esse material será levado a laboratório para posterior identificação. As plantas serão identificadas com a ajuda da literatura, de especialistas e por comparações com herbários, utilizando o herbário Centro

de Pesquisas do Cacau (CEPLAC / CEPEC) e o herbário da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), localizados em Ilhéus, Bahia, e serão classificados de acordo com o sistema do Grupo de Filogenia Angiospermas (APG IV 2016). Todos os espécimens botânicos serão posteriormente depositados no herbário do CEPEC.

#### **6.4.4. Métricas edáficas**

Para a coleta de dados das variáveis edáficas serão estabelecidas dentro das parcelas principais (50 x 50m), cinco pontos de coleta alocadas de forma aleatória na área de estudo. As amostras serão coletadas com uso de trado de solo, profundidade de 10 cm e diâmetro de 5 cm. As amostras serão devidamente embaladas e identificadas em campo. Posteriormente serão secas ao ar, peneiradas (malha de 2 mm), homogeneizadas e enviadas ao Laboratório de Solos da CEPLAC, para análise química, física e densidade aparente.

#### **6.4.5 Histórico de uso do solo**

O histórico do uso do solo será avaliado de acordo com informações de moradores locais e outros trabalhos desenvolvidos no local, assim como ajuda dos gestores do parque, e essas informações serão plotados nos mapas. Também serão utilizadas imagens de satélites e fotografias aéreas recentes.

#### **6.4.6 Influência de paisagem / Cobertura florestal**

Para avaliar a influência da paisagem sobre a biomassa acima do solo, será mapeada a distância até os locais considerados antropogênicos atuais (estradas e áreas abertas), assim como a distância para remanescentes florestais. Para isso iremos combinar dados de imagens de satélites com dados de pontos de GPS. Serão inseridas as estradas, áreas abertas e remanescentes florestais, usando dados de GPS coletados durante o trabalho de campo e imagens de satélite.

A abertura do dossel será avaliada utilizando fotos hemisféricas tiradas em um ponto central nas parcelas e em pontos ao lado das parcelas, utilizando câmeras fotográfica com alta resolução, e lente olho de peixe. Essas fotografias serão classificadas com o uso do software GLA 2.0, um software de imagem que extrai a estrutura do dossel da floresta e os índices de transmissão de luz de intervalo a partir da fotografia hemisférica, para se obter a abertura de dossel.

### **6.5 Atividades previstas**

As atividades previstas para o desenvolvimento deste projeto estão divididas em quatro etapas. A primeira etapa constitui-se da parte teórica com a leitura de textos e revisão de literatura para o embasamento teórico e contextualização do projeto, definição das metodologias para coleta de dados, evitando ao máximo erros de medição. Também serão produzidos mapas com uso de software livre de sistema de informações geográficas (SIG) para escolha e alocação das parcelas, com base nos dados de biomassa coletados com uso do LIDAR (Light Detection and Ranging) e na base de dados das idades das parcelas.

A segunda etapa prevê a coleta de dados em campo, com os mapas e com toda base teórica prontos, definidas as metodologias para a coleta de dados, as parcelas serão instaladas em campo, e dentro de cada parcela, serão coletadas informações da estrutura de vegetação, medido o DAP, altura das árvores, coleta de material botânico, amostras de solos e fotos hemisféricas.

Após essa fase, os materiais coletados em campo serão levados ao laboratório para posterior avaliações. Para a identificação das espécies para formação da composição espécies e identificação de possíveis espécies invasoras nas áreas de estudo, com uso de literatura (livros, sites e outras matérias bibliográficas), uso de material dos herbários e ajuda de especialistas das universidades. Os solos serão encaminhados para laboratório para análise química, física e densidade aparente, das amostras.

Por fim, os dados serão tabulados e as análises estatísticas serão realizadas de acordo com os dados, utilizando softwares livres para tais fins. Por fim, os relatórios, tese e artigos serão redigidos para a apresentação dos resultados da pesquisa.

## **6.6 Detalhamento da infraestrutura física e tecnológica a ser utilizada**

O projeto está vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da biodiversidade, a CEPLAC (Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira) e ao CEPEC (Centro de Pesquisas do Cacau) que são compostos por equipes de pesquisadores que conduzem pesquisas em ecologia, silvicultura, manejo florestal entre outras áreas. As sedes contem equipamentos básicos para o desenvolvimento do projeto, como: sala de estudos, sala para triagem de material, computadores desktop para pesquisas bibliográficas, carro, os quais serão disponibilizados para execução do presente trabalho. A Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e a Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) colocam à disposição



uma infraestrutura de apoio ao presente projeto, como salas para triagem do material, estufas para secagem, acervo bibliográfico para consulta de literatura, o Herbário André Maurício Vieira De Carvalho (CEPLAC / CEPEC) e o Herbários da UESC, para a identificação taxonômica das espécies coletas em campo, assim como laboratório para análises de solos, que irão proporcionar meios para a condução das atividades de pesquisa proposta.

### 6.7 Linhas gerais do cronograma a ser cumprido

Considerando as ações apresentadas no item Atividades Previstas, o Quadro 1 apresenta o cronograma estabelecido inicialmente para execução deste projeto. Em linhas gerais, no primeiro e segundo ano do desenvolvimento deste projeto, o foco será as coletas de dados em campo e o terceiro e quarto ano serão realizadas análise de dados e escrita de relatórios, da tese e artigos científicos.

**Quadro 1:** Cronograma de atividades a serem cumpridas.

ATIVIDADES	SEMESTRE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Desenvolvimento teórico</b>								
Levantamento Bibliográfico relacionado ao projeto	x	x	x	x	x	x	x	x
Escrita do projeto	x							
Confecção de mapas e seleção das parcelas	x							
<b>Atividades de coleta de dados em campo</b>								
Instalação das parcelas no campo		x	x					
Coleta de dados de estrutura florestal (DAP e altura das árvores)		x	x	x				
Coleta de material botânico		x	x	x				
Coleta de solos		x	x	x				
Fotos hemisféricas		x	x	x				
Avaliação do histórico de uso dos solos		x	x	x				
<b>Atividades laboratoriais</b>								
Tabulação de dados			x					
Confecção de exsiccatas			x	x				
Identificação do material botânico				x	x			
Análise química dos solos			x					
Análise física dos solos			x					
Análise densidade aparente dos solos			x					
Avaliação das fotos hemisféricas				x	x			
<b>Análises estatísticas</b>								
Validação dos dados de biomassa do LIDAR					x			
Análises dados					x			

<b>Desenvolvimento da escrita da tese</b>									
Redação da tese e de publicações							X	X	X
Redação de relatórios								X	X
Publicação da tese									X

### 6.8 Planilha de orçamento com estimativa dos gastos previstos

<b>Orçamento da Pesquisa</b>						
<b>Categoria de despesa</b>	<b>Descrição dos itens</b>	<b>Material será cedido para Instituição (Sim ou Não)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade (un; litro; metro; dia; km)</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Uso e consumo (descrever cada item)	Fita zebra	Sim	15	un	R\$ 20,00	<b>300,00</b>
	Trena (100m)	Sim	4	un	R\$ 80,00	<b>320,00</b>
	Trena (50m)	sim	4	un	R\$ 50,00	<b>200,00</b>
	Trena (20m)	sim	4	un	R\$ 25,00	<b>100,00</b>
	Embalagens plásticas	sim	200	un	R\$ 1,00	<b>200,00</b>
	Equipamentos proteção individual (EPI) - Perneira	Sim	7	un	R\$ 30,00	<b>210,00</b>
	Jogo Punção numérico (para marcação de placas de alumínio)	Sim	1	um	R\$ 50,00	<b>50,00</b>
	Jogo Punção alfabético (para marcação de placas de alumínio)	Sim	1	um	R\$ 50,00	<b>50,00</b>
	Papel para impressão	Sim	5	un	R\$ 25,00	<b>125,00</b>
Serviço de Terceiros Pessoa Física	Mateiro/guia de campo	-	40	dia	R\$ 100,00	<b>4.000,00</b>
	Auxiliar de campo	-	30	dia	R\$ 100,00	<b>3.000,00</b>
Serviço de terceiros Pessoa Jurídica	Teste laboratoriais (Análise física dos solos)		40	un	R\$ 35,00	<b>1.400,00</b>
	Teste laboratoriais (Análise química dos solos)		40	un	R\$ 40,00	<b>1.600,00</b>
Viagens	Hospedagem	-	50	dia	R\$ 50,00	<b>2.500,00</b>

	Aluguel de carro	-	50	dia	R\$ 100,00	<b>5.000,00</b>
	Combustível (gasolina)	-	800	litro	R\$ 4,80	<b>3.840,00</b>
	Alimentação	-	150	un	R\$ 20,00	<b>3.000,00</b>
Equipamentos	Armário (armazenar material botânico)	Sim	2	un	R\$ 600,00	<b>1.200,00</b>
	GPS	Sim	1	un	R\$ 2.500,00	<b>2.500,00</b>
	Microcomputador	Não	1	un	R\$ 3.500,00	<b>3.500,00</b>
	Câmera fotográfica	Sim	1	un	R\$ 2.500,00	<b>2.500,00</b>
	Material bibliográfico (para identificação taxonômica)	Sim	15	un	R\$ 100,00	<b>1.500,00</b>
	Paquímetro digital	Sim	2	un	R\$ 100,00	<b>200,00</b>
	Podão	Sim	1	un	R\$ 300,00	<b>300,00</b>
	Tesoura de poda	Sim	2	un	R\$ 30,00	<b>60,00</b>
Outros (específico para o projeto)						
<b>TOTAL</b>						<b>37.655,00</b>

## 6.9 Resultados esperados

Como resultado do projeto, esperamos compreender os processos que afetam a acumulação de biomassa em parcelas com a mesma idade e quais variáveis melhor respondem a essas diferenças. Acreditamos que as taxas de recuperação da biomassa acima do solo aumentam com a disponibilidade de recursos (solos férteis) e com maior riqueza e diversidade de espécies, e diminuem com o grau de perda florestal na matriz da paisagem circundante (implicando menor disponibilidade de sementes), com a intensidade do uso anterior da terra, bem como aumento de espécies exóticas na área.

1. A biomassa acima do solo será afetada positivamente pelo acréscimo de nutrientes no solo, pois a variação no desenvolvimento da vegetação é afetada pelas características do solo, como a conteúdo nutricional, umidade do solo, características físicas e densidade aparente do solo. Os nutrientes do solo são importantes reguladores do crescimento da vegetação (Celentano et al, 2011), que podem limitar a acumulação de biomassa acima do solo (Baker et al, 2003;

- Lambaias et al, 2005; Davidson et al, 2007). E em florestas tropicais os nutrientes do solo podem ser o mais importante preditor do crescimento e armazenamento de carbono (Becknell et al, 2012; Cleveland et al, 2011).
2. Acreditamos que a biomassa será influenciada positivamente com o aumento da diversidade de espécies, através da riqueza de espécies (Powers et al, 2009; Poorter et al, 2015; Liang et al, 2016), da complementariedade de nicho, (Griscon e Ashton, 2010; Finegan et al, 2015), da presença de espécies de grande porte, que tem papel significativo na variabilidade dos estoques de carbono (Rozendall e Chazdon, 2015; Chazdon et al, 2010; Slik et al, 2013) assim como os traços funcionais das espécies e a contribuição de grupos especializados (Poorter et al, 2008; Rozendall e Chazdon, 2015).
  3. A biomassa acima do solo será afetada com mais ou menos intensidade dependendo do histórico do uso do solo (Zarin et al, 2005). As condições do local podem retardar a recuperação das espécies, como perturbações intensas que podem reduzir a vegetação residual e fontes de sementes (Zarin et al, 2005; Dent e Wright, 2009), a simplificação da composição de espécies e estrutura florestal (Longo et al, 2016).
  4. Esperamos que a paisagem circundante contribua para a regeneração dos ambientes perturbados, contribuindo como fontes de sementes e refúgio para vida silvestre (Zarin et al, 2001). O fechamento do dossel cria condições para o recrutamento de espécies e a configuração da paisagem contribui para dispersão de sementes, fator chave para chuva de sementes (Dent e Wright, 2009). E esse fator que molda a composição de espécies em áreas em regeneração (Craven et al, 2015).

### **Impactos previstos do projeto**

Entender os processos que afetam a acumulação de biomassa acima do solo em florestais tropicais secundárias e a indicação de quais variáveis são mais relevantes para a biomassa. Com uso de dados do Lidar, será possível avaliar as mudanças na biomassa em nível de paisagem que não seria possível usando apenas medições em campo, contribuindo para quantificar os estoques de carbono e o potencial de mitigação das mudanças climáticas. Esse projeto irá contribuir com o aumento das informações acerca das espécies vegetais existentes no Parque Estadual Serra do Conduru, informando os padrões de distribuição de espécies, com possibilidade de descoberta de quais espécies contribuem mais para o

sequestro de carbono, que poderá ser extrapolado para outras florestas tropicais secundárias. Também espera-se qualificar as informações acerca da biodiversidade local para definição de estratégias de gestão da unidade de conservação e apoio ao plano de manejo do parque.

## **6.10 Referências Bibliográficas**

Aguiar, A.P.D., Vieira, I.C.G., Assis, T.O., Dalla-Nora, E.L., Toledo, P.M., Santos-Junior, R.A.O., (...) Ometto, J.P.H. (2016) Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 22, 1821–1840.

Almeida, D.R.A., Broadbent, E.N., A.M.A., Zambrano, B.E., Wilkinson, M.E., Ferreira, R., Chazdon, P., Meli, E.B., Gorgens, C.A., Silva, S.C., Stark, R., Valbuena, D.A., Papa, Brancalion, P.H.S. (2019) Monitoring the structure of forest restoration plantations with a drone-lidar system. *Int J Appl. Earth Obs Geoinformation* 79, 192–198.

Alves, L.F. Vieira, S.A. Scaranello, M.A. Camargo, P.B. Santos, F.A. Joly, C.A. Martinelli, L.A. (2010) Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). *For. Ecol. Manag.*, 260, 679–691.

Alvarez-Clare, S., Mack, M.C., Brooks M. (2013) A direct test of nitrogen and phosphorus limitation to net primary productivity in a lowland tropical wet forest. *Ecology*, 4:1540–51.

Aragão, L.E.O.C., Poulter, B., Barlow, J.B., Anderson, L.O., Malhi, Y., Saatchi, S. Phillips, O.L., Gloor, E. (2014) Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests, *Biol. Rev.*, 89(4), 913–931, doi:10.1111/brv.12088.

Asner, G.P., Powell, G.V.N., Mascaró, J., Knapp, D.E., Clark, J.K., Jacobson, J., Kennedy-Bowdoin, T., Balaji, A., Paez-Acosta, G., Victoria, E., Secada, L., Valqui, M., and Hughes, R.F. (2010) High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 107(38), 16,738–16,742, doi:10.1073/pnas.1004875107.

Baker, T.R., Swaine, M.D., Burslem, D.F.R.P. (2003) Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Perspectives Plant Ecology* 6, 21–36.

Barlow, J., Parry, L., Gardner, T. A., Ferreira, J., Aragão, L. E. O. C., Carmenta, R., (...) Cochrane, M. A. (2012) The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biological Conservation*, 154, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.034>.

Becknell, J., Kissing Kucek, M., L., Powers, J. S. (2012) Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forests: a literature review and global synthesis. *For. Ecol. Manager.* 276: 88–95.

Becknell, J.M., Keller, M., Piotto, D., Longo, M., Nara dos-Santos, M., Scaranello, M. A., Cavalcante, R.B.O., Porder, S. (2018). Landscape-scale lidar analysis of aboveground biomass distribution in secondary Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*. 50(3): 520-530. <https://doi.org/10.1111/btp.12538>.

Berenguer, E.J., Ferreira, T.A., Gardner, L.E.O.C., Aragão, P.B., de Camargo, C.E., Cerri, M., Durigan, R.C.D., Oliveira, I.C.G., Vieira, A., Barlow, J. (2014), A large scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests, *Glob. Change Biol.*, 20(12), 3713–3726, doi:10.1111/gcb.12627.

Bowen, M.E., McAlpine, C.A. House, A.P.N., Smith, G.C. (2007) Regrowth forests on abandoned agricultural land: A review of their habitat values for recovering forest fauna. *Biological Conservation* 140:273–96.

Brown, S., e Lugo, A. E. (1990). Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6:1-32.

Campo, J. e Vázquez-Yanes, C. (2004) Effects of Nutrient Limitation on Aboveground Carbon Dynamics during Tropical Dry Forest Regeneration in Yucatan, Mexico. *Ecosystems*. 7. 311-319. 10.1007/s10021-003-0249-2.

Cardinale, B.J., Wright, J.P., Cadotte, M.W., Carroll, I.T., Hector, A., Srivastava, D.S., Loreau, M., Weis, J.J. (2007) Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104, 18123–18128.

Cavanaugh, K. C., Gosnel, J. S., Davis, S. L., Ahumada, J., Boundja, P., Clark, D. B., (...) Andelman, S. (2014) Carbon storage in tropical forests correlates with taxonomic diversity and functional dominance on a global scale. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 563–573.

CBD, 2011. REDD-plus and Biodiversity: CBD Technical Series No. 59. Convention on Biological Diversity, Montreal.

Ceccon, E., Olmsted, I., Vazquez-Yanes, C., Campo-Alves J. (2002) Secondary tropical dry forest in Yucatán: species composition and structure regarding soil and productivity properties *Agrociência* 36:621–31.

Celentano, D., Zahawi, R.A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R.J., Holl, K.D. (2011) Tropical forest restoration in Costa Rica: the effect of several strategies on litter production, accumulation and decomposition. *Rev Biol Trop* 59(3):1323–1336.

Cordell, S., Goldstein, G., Meinzer, F.C., Vitousek, P.M., (2001) Regulation of life-span and nutrient-use efficiency of *Metrosideros polymorpha* trees at two extremes of a long chronosequence. *Oecologia* 127:198–206.

Chave, J., Rejou-mechain, M., Urquez, A.B. (...), e Vieilledent, G. (2014) Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Glob. Change Biol.* 20: 3177–3190.

Chazdon, R. L., Peres, C. A., Dent, D., Sheil, D., Lugo, A. E., Lamb, D., Stork, N. E., Miller, E. (2009) The potential for species conservation in tropical secondary forests. *Conserv. Biol.* 23: 1406–1417.

Chazdon, R. L., Finegan, B., Capers, R. S., Salgado-Negret, B., Casanoves, F., Boukili, V., Norden, N. (2010) Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in northeastern Costa Rica. *Biotropica* 42:31-40.

Chazdon, R. L. (2014) *Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press, Chicago, IL.

Clark, D.B., e Clark, D.A. (2000) Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *For. Ecol. Manage.* 137: 185–198.

Cleveland, C.C., Townsend, A.R., Taylor, P., (...) Wieder, W.R. (2011). Relationships among net primary productivity, nutrients and climate in tropical rain forest: a pan-tropical analysis. *Ecology Letters* 14, 939–947.

Davidson, E. A., de Carvalho, C. J. R., Vieira, I. C. G., de Figueiredo, R., Moutinho, P. F., Ishida, Y., dos Santos, M.T.P., Guerrero, J.B., Kalif, K., Sabá, R.T. (2004) Nitrogen and Phosphorus Limitation of Biomass Growth in a Tropical Secondary Forest. *Ecol. Appl.* 14: 150– 163.

Dent, D.H., e Wright, S.J. (2009) The future of tropical species in secondary forests: a quantitative review. *Biol. Cons.* 142: 2833–2843.

Dent, D. H. DeWalt, S. J. Denslow, J. S. (2012) Secondary forests of central Panama increase in similarity to old-growth forest over time in shade tolerance but not species composition. *J. Veg. Sci.* 24, 530–542.

Dong, L., Tang, S., Frank, M., Veroustraete, M., Cheng, J. (2019) Aboveground forest biomass based on OLSR and an ANN model integrating LiDAR and optical data in a mountainous region of China, *International Journal of Remote Sensing*, 40:15, 6059-6083, DOI: 10.1080/01431161.2019.1587201.

Eva, H.D., Achard, F., Beuchle, R., de Miranda, E., Carboni, S., Seliger, R., Vollmar, M., Holler, W. A., Oshiro, O. T., Arroyo, V. B., Gallego, J. (2012) Forest cover changes in tropical South and Central America from 1990 to 2005 and related carbon emissions and removals. *Remote Sensing* 4:1369-1391.

FAO. (2010) *Global Forest Resources Assessment 2010*. Rome (available at [www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/](http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/)).

FAO. (2015) *Global Forest Resources Assessment 2015: how are the world's forests changing?* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>.

Finegan, B., Pena-Claros, M., de Oliveira, A., Ascarrunz, N., Bretharte, M. S., Carreno-Rocabado, G., Casanoves, F., Diaz, S., Eguiguren Velepucha, P., Fernandez, F., Licona, J. C., Lorenzo, L., Salgadonegret, B., Vaz, M., Poorter, L. (2015) Does functional trait diversity predict above-ground biomass and productivity of tropical forests? Testing three alternative hypotheses. *J. Ecol.* 103: 191–201.



Groeneveld, J., Alves, L.F., Bernacci, L.C., Catharino, E.L.M., Knogge, C., Metzger, J.P., Utz, S.P., Huth, A. (2009) The impact of fragmentation and density regulation on forest succession in the Atlantic rain forest. *Ecol. Model.* 220: 2450–2459.

Griscom, H.P., Ashton, M.S. (2011) Restoration of dry tropical forests in Central America: a review of pattern and process. *Forest Ecology and Management* 261, 1564–1579.

H. ter Steege (...) (2015) Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. *Sci. Adv.* 1, e1500936.

Houghton, R. A., e S. J. Goetz (2008) New satellites help quantify carbon sources and sinks, *Eos Trans. AGU*, 89(43), 417–418, doi:10.1029/2008EO430001.

Landau, E.C (2003) Normais de Precipitação no Sudeste da Bahia, Brasil. CD-ROM In Prado PI, Landau EC, Moura RT, Pinto LPS, Fonseca GAB, Alger K (orgs.) Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia. IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP, Ilhéus, Bahia, Brazil.

Leitold, V., Morton, D.C., Longo, M., dos-Santos, M.N., Keller, M., Scaranello, M. (2018) El Niño drought increased canopy turnover in Amazon forests. *New Phytol.* <https://doi.org/10.1111/nph.15110>.

Lennox, G.D., Gardner, T.A., Thomson, J.R., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A.C., Mac Nally, R., Aragão, L.E.O.C., Ferraz, S.F.B., Louzada, J., Moura, N.G., Oliveira, V.H.F., Pardini, R., Solar, R.R.C., Vaz-de Mello, F.Z., Vieira, I.C.G., Barlow, J. (2018) Second rate or a second chance? Assessing biomass and biodiversity recovery in regenerating Amazonian forests *Glob. Chang. Biol.* <https://doi.org/10.1111/gcb.14443>.

Liang, J., Crowther, T.W., Picard, N. (2016) Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests *Science* 14 Oct: Vol. 354, Issue 6309, aaf8957. DOI: 10.1126/science.aaf8957.

Lohbeck, M., Poorter, L., Paz, H., Pla, L., van Breugel, M., Martínez-Ramos, M., Bongers, F. (2012). Functional diversity changes during tropical forest succession. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 14(2): 89–96. doi: 10.1016/j.ppees.2011.10.002.

Lohbeck, M., Poorter, L., Martínez-Ramos, M., Bongers, F. (2015) Biomass is the main driver of changes in ecosystem process rates during tropical forest succession. *Ecology*, 96, 1242–1252.

Loreau, M. e Hector, A. (2001) Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. *Nature*, 412, 72–76.

Marshall, A.R., Willcock, S., Platts, P.J., (...) Lewis, S.L. (2012) Measuring and modelling aboveground carbon and tree allometry along a tropical elevation gradient. *Biological Conservation*, 154, 20-33.

Marín-Spiotta, E., Ostertag, R., Silver, W. L. (2007) Long-term patterns in tropical reforestation: Plant community composition and aboveground biomass accumulation. *Ecological Applications* 17:828-839.

Poorter, L., Wright, S.J., Paz, H., Ackerly, D.D., Condit, R., Ibarra-Manríquez, G., Harms, K.E., Licona, J.C., Martínez-Ramos, M., Mazer, S.J. (2008) Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. *Ecology*. 89(7): 1908–1920. doi: 10.1093/aob/mcn103.

Poorter, L., van der Sande, M.T., Thompson, J. (...) Peña-Claros, M. (2015) Diversity enhances carbon storage in tropical forests. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 24, 1314–1328.

Poorter, L., Bongers, F., Aide, T.M., Zambrano, A. (2016) Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530: 211–214.

Powers, J.S., Becknell, J.M., Irving, J., Pèrez-Aviles, D. (2009) Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *For. Ecol. Manage.* 258, 959–970.

Piotto, D., Montagnini, F., Thomas, W., Ashton, M., Oliver, C. (2009) Forest recovery after swidden cultivation across a 40-year chronosequence in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. *Plant Ecol.* 205: 261–272.

Rozendaal, D.M.A., e Chazdon R.L. (2015) Demographic drivers of tree biomass change during secondary succession in northeastern Costa Rica. *Ecol. Appl.* 25: 506–516.

Sankey, T., Donager, J., McVay, J., Sankey, J.B. (2017) UAV lidar and hyperspectral fusion for forest monitoring in the southwestern USA. *Remote Sens. Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.04.007>.

Stark, S.C., Leitold, V., Wu, J.L., (...) Saleska, S.R. (2012) Amazon forest carbon dynamics predicted by profiles of canopy leaf area and light environment. *Ecol. Lett.* 15, 1406–1414. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01864.x>.

Slik, J.W.F., Paoli, G., McGuire, K. (...) Zweifel, N. (2013) Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Global Ecology and Biogeography*, 22, 1261–1271.

Slik, J.W.F., Arroyo-Rodríguez, V., Aiba, S.I., (...) Venticinque, E.M. (2015) An estimate of the number of tropical tree species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112, 7472–7477.

Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294, 843–845.

Willis, K., Gillison, L., Brncic, T. (2004) How “virgin” is virgin rainforest? *Science* 304:402–403.

Whight, S.J., Muller-Landau, H.C. (2006) The future of tropical forest species. *Biotropica*, 38, 287–301.

Wright, S.J., Yavitt, J.B., Wurzburger, N., Turner, B.L., Tanner, E.V.J., Sayer, E.J., Santiago, L.S., Kaspari, M., Hedin, L.O., Harms, K.E. (2011) Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest. *Ecology* 92:1616–25

Zarin, D.J., Ducey, M.J., Tucker, J.M., Salas, W.A. (2001) Potential biomass accumulation in Amazonian regrowth forests. *Ecosystems* 4: 658–668.